

AWAPATENT AB

Kontor/Handläggare
Malmö/Cecilia Perklev/CP

ANOTO AB

Ansökningsnr

Vår referens
SE-2012159

1

FÖRFARANDE OCH ANORDNING FÖR AVKODNING AV ETT
POSITIONSKODNINGSMÖNSTER

Uppfinningens område

Föreliggande uppfinning avser allmänt avkodning av positionskodningsmönster och närmare bestämt ett förfarande för positionsavkodning som innefattar steget att
5 beräkna en position på basis av information som bestämts från ett med en sensor registrerat delområde av ett positionskodningsmönster.

Uppfinningen avser även en anordning, ett datorprogram och ett lagringsmedium som kan användas för avkodning av ett positionskodningsmönster.
10

Bakgrund till uppfinningen

Det finns positionskodningsmönster som har egenskapen att den absoluta positionen i positionskodningsmönstret för ett delområde av positionskodningsmönstret
15 med en minsta förutbestämd storlek kan räknas ut med hjälp av informationen i delområdet och en förutbestämd algoritm. Exempel på sådana positionskodningsmönster visas i US 5,477,012 (O. Sekendur), där varje position kodas med hjälp en symbol, och WO 92/17859 (Hewlett
20 Packard Co.), WO 00/73983 (Anoto AB), WO 01/26032 (Anoto AB) och US 5,973,110 (Xerox Corp), där varje position kodas med ett flertal symboler.

Positionskodningsmönster av den här typen kan exempelvis användas för digital registrering av information
25 som skrivs och/eller ritas för hand med en användarenhet på ett underlag som är försett med positionskodningsmönstret. Under användarenhetens förflyttning registreras löpande bilder av positionskodningsmönstret lokalt vid användarenhetens spets. En eller flera symboler i var och
30 en av bilderna avkodas till en position. De avkodade positionerna utgör tillsammans en digital beskrivning över användarenhetens förflyttning över underlaget.

Så länge som positionskodningsmönstret är perfekt återgivet på underlaget och så länge som positionskodningsmönstret avbildas perfekt i de registrerade bilderna kan positionsavkodningen förväntas fungera mycket bra. I
5 praktiken riskerar emellertid positionskodningsmönstret att förvanskas mer eller mindre vid anbringandet på underlaget. Vidare inträffar det att användarenheten inte avbildar positionskodningsmönstret perfekt till följd av ofullkomligheter i användarenhetens avbildningssystem och
10 till följd av att användaren lutar användarenheten när han skriver och positionskodningsmönstret därmed avbildas i perspektiv. Detta kan i sin tur leda till att fel positioner avkodas från positionskodningsmönstret.

Felavkodade positioner kan upptäckas om positionskodningsmönstret innehåller redundant information som
15 möjliggör feldetektering. De kan också upptäckas om avståndet till tidigare och/eller senare avkodade positioner är orimligt.

Om en felavkodad position detekteras kan den antingen behållas eller förkastas. Om positionen behålls kommer de digitalt registrerade positionerna att inte
20 korrekt återge användarenhetens förflyttning över underlaget. Om den felavkodade positionen istället förkastas, blir det en "lucka" i de digitalt registrerade positionerna. Många sådana luckor kan försvåra möjligheterna att
25 uttyda vad som skrevs på underlaget.

Sammanfattning av uppfinningen

Ett generellt ändamål med uppfinningen är att lösa detta problem och att därigenom förbättra kvaliteten på
30 den digitala representation av den på det positionskodade underlaget genererade informationen.

Ett speciellt ändamål är att öka antalet positioner som kan avkodas korrekt från bilder av positionskodningsmönstret.

35 Ännu ett speciellt ändamål är att öka antalet korrekt avkodade positioner utan att otillbörligt öka tiden som åtgår för avkodningen.

Ännu ett speciellt ändamål är att öka antalet korrekt avkodade positioner utan att otillbörligt öka behovet av minnesutrymme och/eller processorkraft för avkodningen.

5 Dessa och andra ändamål som kommer att framgå av den efterföljande beskrivningen uppnås helt eller delvis med hjälp av ett förfarande, ett datorprogram, ett lagringsmedium och en anordning enligt de bifogade patentkraven.

Enligt en första aspekt av uppfinningen avser denna
10 närmare bestämt ett förfarande för positionsavkodning, innefattande steget att beräkna en position på basis av information som bestämts från ett med en sensor avbildat delområde av ett positionskodningsmönster. Förfarandet innefattar vidare stegen att om beräkningen av positionen
15 misslyckas, matcha informationen från det med sensorn avbildade delområdet mot information om hur positionskodningsmönstret är utformat i ett flertal matchningsdelområden, som vart och ett definierar en position i positionskodningsmönstret, och acceptera den position av de
20 av matchningsdelområdena definierade positionerna som enligt matchningssteget är den mest sannolika positionen i positionskodningsmönstret för det avbildade delområdet.

Genom att matchningen utförs när beräkningen av positionen misslyckas, erhålls en position som i de allra
25 flesta fall bättre avspeglar sensorns position vid avbildningen av delområdet än den position som eventuellt erhålls genom den misslyckade beräkningen. Dessutom undviks luckor i den digitala representationen.

Matchningen kan ske direkt när positionsberäkningen
30 har misslyckats. Alternativt kan den göras i ett senare skede när mer positionsinformation har registrerats, vilket kan förenkla matchningen.

Positionsberäkningen kan exempelvis misslyckas pga att delresultat eller slutresultat vid beräkningen är
35 uppenbart felaktiga. Delresultat kan vara uppenbart felaktiga när de innehåller värden som inte skall kunna erhållas vid avkodning av positionskodningsmönstret. Slut-

5

10

15

25

30

mationen i delområdet för den misslyckade positionsberäkningen bara matchas mot information från $2(2d+1)$ delområden istället. Detta förutsätter dock att positionerna kan avkodas separat i de olika dimensionerna i
 5 positionskodningsmönstret. Det skall också framhållas att matchningen inte behöver göras i alla dimensioner. Om positionsberäkningen lyckas i en dimension, men misslyckas i en annan, räcker det att matchningen utförs i den dimensionen för vilken positionsberäkningen misslyckats.
 10

Positions-kodningsmönstret kan vara utformat på så sätt att varje position kodas med hjälp av ett flertal element, som vart och ett kan anta minst två olika värden. Vid matchningen jämförs då det avbildade del-
 15 området med matchningsdelområdena på elementnivå och bestäms ett mått på sannolikheten att elementen antar samma värden i de båda matchade delområdena.

Måttet på sannolikheten kan exempelvis utgöras av antalet överensstämmande elementvärden. Som ett annat
 20 exempel kan informationen från det avbildade delområdet utgöras av en uppsättning sannolikhetsvärden. Närmare bestämt kan varje sannolikhetsvärde i uppsättningen ange en sannolikhet för att ett av det avbildade delområdets element antar ett av de möjliga värdena. Uppsättningen av
 25 sannolikhetsvärden kan innefatta ett sannolikhetsvärde för vart och ett av varje elements möjliga värden eller sannolikhetsvärden för enbart vissa element och värden. Måttet på sannolikheten bestäms på basis av sannolikhetsvärdena för de värden som matchningsdelområdets element
 30 antar. Om matchningsdelområdets element antar en viss kombination av värden, som är kända pga att positionskodningsmönstrets uppbyggnad är känd, kan exempelvis sannolikhetsvärdena för motsvarande elements värden
 35 multipliceras för bestämning av den kombinerade sannolikheten för att elementen i det avbildade delområdet antar dessa värden. Genom att matchningen baseras på sannolikhetsvärden för elementen som bestäms från det

avbildade delområdet kommer informationen i detta att utnyttjas i högre utsträckning än om bara elementvärdena för delområdet bestäms.

Ovannämnda element kan exempelvis motsvara symbolerna som positionskodningsmönstret är uppbyggt av och som avbildas av sensorn vid användning av positionskodningsmönstret. Elementen kan också motsvara information på en högre eller bearbetad nivå. Symbolerna kan exempelvis delas in i grupper där varje grupp utgör ett element som kan anta olika värden beroende på värdena för symbolerna i gruppen. Vidare kan element definieras av två eller flera grupper tillsammans. Det avbildade delområdet behöver alltså inte matchas mot matchningsdelområdena med samma upplösning som finns i positionskodningsmönstret, vilket kan spara både tid vid matchningen och minnesutrymme när information från avbildade delområden skall sparas i avvaktan på matchning.

Ytterligare optimeringar av matchningen kan göras genom att man inte matchar all tillgänglig information.

Efter det att matchningen har utförts kan den på basis av det avbildade delområdet accepterade positionen verifieras med hjälp av informationen från det avbildade delområdet, vilket i regel innehåller mer information än vad som krävs för positionsberäkningen/matchningen. Verifieringssteget kan vara fördelaktigt pga att matchningen alltid resulterar i en position. Om matchningsområdet väljs intill en tidigare accepterad position kan avståndet till denna inte användas för att bestämma den genom matchningen erhållna positionen och då kan det vara fördelaktigt att verifiera positionen med hjälp av den ytterligare informationen som finns i det avbildade delområdet. Verifieringen görs med fördel med hjälp av sannolikhetsberäkningar.

Det ovan beskrivna förfarandet för positionsavkodning kan med fördel användas tillsammans med det positionskodningsmönster som har utvecklats av Anoto AB och som beskrivs i exempelvis WO 01/26032. En variant på

detta mönster beskrivs i Appendix A i föreliggande ansökan. Positionskodningsmönstret har just egenskapen att en position kan avkodas separat i varje dimension i positionskodningsmönstret.

5 Ovan beskrivna förfarande kan realiseras i hårdvara eller mjukvara. Således avser uppfinningen även ett datorprogram vilket innefattar programkod som när den exekveras i en dator bringar datorn att genomföra ett förfarande enligt något av förfarandekraven.

10 Datorprogrammet kan exekveras av en processor som finns i samma enhet som den sensor som avbildar delområdet för vilket en position skall avkodas eller i en annan enhet.

15 Datorprogrammet kan vara lagrat på och distribueras i form av ett lagringsmedium, såsom ett RAM, ett ROM, en optisk skiva, ett magnetband eller något annat kommersiellt tillgängligt lagringsmedium. Lagringsmediet kan också vara en propagerande signal.

20 Enligt en ytterligare aspekt av uppfinningen avser denna en anordning som innefattar en signalbehandlingsenhet, vilken är anordnad att beräkna en position på basis av information som bestämts från ett med en sensor avbildat delområde av ett positionskodningsmönster. Signalbehandlingsenheten vidare är anordnad att om be-
25 räkningen av positionen misslyckas, matcha informationen från det med sensorn avbildade delområdet mot information om hur positionskodningsmönstret är utformat i ett flertal matchningsdelområden, som vart och ett definierar en position i positionskodningsmönstret, och att acceptera
30 den position av de av matchningsdelområdena definierade positionerna som enligt matchningssteget är den mest sannolika positionen i positionskodningsmönstret för det avbildade delområdet.

35 Fördelarna med anordningen framgår av diskussionen ovan av förfarandet.

Kortfattad figurbeskrivning

Föreliggande uppfinning skall nu beskrivas mera i detalj genom utföringsexempel under hänvisning till bifogade ritningar, på vilka

5 Fig 1 visar schematiskt ett system i vilket uppfinningen kan användas;

 Fig 2 visar schematiskt avkodning och matchning av delområden på ett papper;

 Fig 3 visar schematiskt ett delområde med symboler;

10 Fig 4 visar schematiskt hur kodningen i x-led kan utföras;

 Fig 5 visar schematiskt hur en primär talsekvens PD byggs upp av fyra sekundära talsekvenser A1-A4;

15 Fig 6 visar ett exempel på grafisk kodning av ett positionskodningsmönster;

 Fig 7 visar en produkt med ett uppförstorat positionskodningsmönster;

 Fig 8 visar hur extra symboler kan läsas in för användning för felkorrigeringsändamål;

20 Fig 9 är ett flödesschema och visar ett exempel på hur ett positionskodningsmönster kan avkodas;

 Fig 10 visar ett positionskodningsmönster;

 Fig 11 visar fyra ideala placeringar för en markering;

25 Fig 12 visar hur markeringarnas värdesannolikheter beräknas;

 Fig 13 visar hur rasterpunktssannolikheter beräknas ur värdesannolikheter;

30 Fig 14 illustrerar hur en första och en andra matris konstrueras;

 Fig 15 visar hur en sekvenssannolikhet för en kolumn beräknas;

 Fig 16 visar en cyklisk talserie för avkodning av sekvenser;

35 Fig 17 illustrerar steg i beräkningen av positionskoordinater;

Fig 18 är ett flödesschema som visar positionsavkodning;

Fig 19 är ett schematiskt blockschema som visar positionsavkodning; och

5 Fig 20 visar schematiskt en anordning i vilken positionsavkodningen kan utföras.

Detaljerad beskrivning av utföringsexempel

I fig 1 visas schematiskt ett system för informationshantering, i vilket föreliggande uppfinning kan
10 utnyttjas. Systemet innefattar ett underlag 1 i form av ett papper, en användarenhet 2 och en extern enhet 3. Pappret är försett med ett positionskodningsmönster 4 av vilket endast en liten del schematiskt indikeras i uppförstorat skick. Användarenheten 2 kan användas för att
15 skriva på pappret 1 på samma sätt som med en vanlig penna och för att samtidigt registrera det som skrivs i digital form. Den digitalt registrerade informationen kan behandlas i användarenheten 2 och/eller den externa enheten 3, till vilken den kan skickas automatiskt (on-line) eller
20 på signal från användaren. För att den digitalt registrerade informationen skall korrekt återspegla den på pappret är det viktigt att positionsavkodningen görs så korrekt och fullständigt som möjligt.

Positionskodningsmönstret 4, vilket kommer att beskrivas mera i detalj nedan, är uppbyggt av grafiska
25 symboler, som är arrangerade eller utformade enligt förutbestämda regler, vilket medför att om man korrekt avbildar ett delområde av positionskodningsmönstret, vilket delområde har en förutbestämd minsta storlek, så
30 kan delområdets position inom positionskodningsmönstret bestämmas entydigt med hjälp av en eller flera symboler i det avbildade delområdet samt en förutbestämd avkodningsalgoritm. Positionen kan erhållas som ett koordinatpar i ett kartesiskt eller annat koordinatsystem.

35 När en användare skriver med användarenheten 2 på pappret 1 kommer användarenheten att löpande registrera bilder av ett delområde av positionskodningsmönstret vid

användarenhetens spets. Varje bild avkodas till en position. En följd av sådana avkodade positioner utgör då en digital representation av användarenhetens 2 förflyttning över pappret och sålunda av vad som skrivits på pappret.

5 Avkodningen av positionskodningsmönstret kan ske i användarenheten 2 eller i den externa enheten 3 eller i någon annan enhet till vilken bilderna av positionskodningsmönstret skickas i mer eller mindre bearbetad form.

10 Såsom nämnts ovan avkodas informationen i delområdet med hjälp av en förutbestämd avkodningsalgoritm. Detta fungerar bra så länge delområdet avbildas korrekt. Under verkliga förhållanden kan emellertid ofta användarenheten inte avbilda delområdet helt korrekt, exempelvis pga dåliga ljusförhållanden eller att användaren håller
15 pennan i ett vinklat läge som gör att delområdet avbildas i perspektiv eller att avbildningsmekanismen deformerar avbildningen. Det händer då att avkodningsalgoritmen feltolkar en symbol eller missar en symbol, vilket resulterar i att positionen avkodas fel. Fel kan även uppstå om positionskodningsmönstret inte är helt korrekt
20 återgivet på pappret utan det har deformerats något vid anbringandet på pappret. En position kan också anses felaktig om den av något skäl inte kan accepteras, exempelvis pga att den bedöms vara alltför osäker.

25 Under vissa omständigheter kan fel upptäckas, exempelvis om positionskodningsmönstret innehåller redundant information som möjliggör feldetektering eller om den avkodade positionen är orimlig i förhållande till tidigare eller senare avkodade positioner.

30 I fig 2 visas schematiskt hur problemet med felavkodade positioner kan lösas. Ett papper 200 är försett med positionskodningsmönster, som för åskådlighetens skull inte visas i figuren. Ett första delområde A kodar en position P1 som har avkodats utan att några avkodningsfel har detekterats och som därför har accepterats
35 som en korrekt avkodad position. Ett tredje delområde C kodar en position P3 som också har accepterats som en

korrekt avkodad position. Efter det att användarenheten har avbildat delområdet A och innan den har avbildat delområdet C, har den avbildat delområdet B som har positionen P2. Till följd av en distorderad avbildning har
 5 informationen i delområdet B emellertid avkodats till en felaktig position P2' som motsvarar delområdet B' som har markerats med streckade linjer.

Det skall påpekas att delområdenas storlekar i förhållande till pappret för åskådlighetens skull är kraftigt förstorade i förhållande till ett praktiskt utförande.
 10

Istället för att förkasta delområdet som oanvändbart, utförs nu en matchningsoperation där information som bestämts från det avbildade delområdet B matchas
 15 eller jämförs med information om hur positionskodningsmönstret är uppbyggt i olika delområden i ett matchningsområde M kring delområdena A och C. Ett exempel på i vilket område som matchningen kan ske ges av den streckprickade linjen. Området kan väljas som ett förutbestämt
 20 område eller väljas dynamiskt. Vid val av matchningsområde kan hänsyn tas till en eller flera accepterade positioner, vilkas motsvarande delområden kan ha registrerats före och/eller efter delområdet för vilken positionsberäkningen misslyckades. Speciellt kan användarenhetens hastighet och acceleration före och/eller
 25 efter registreringen av delområdet för vilket positionsberäkningen misslyckades bestämmas och användas som underlag för en bedömning av matchningsområdet.

Matchningen kan ske i en eller två dimensioner.
 30 Beroende på positionskodningsmönstrets uppbyggnad kan man i vissa fall utföra positionsavkodningen separat för varje dimension. Då kan fallet inträffa att positionsberäkningen lyckas i en första dimension och resulterar i accepterad position för denna dimension, men positionsberäkningen i den andra dimensionen misslyckas och
 35 resulterar i en position i den andra dimensionen som är

uppenbart felaktig. I de flesta fall behöver då matchningen bara ske i den felaktiga dimensionen.

Antag exempelvis i fig 2 att beräkningen av positionens P2 x-koordinat har lyckats och bara beräkningen av y-koordinaten har misslyckats, så att en position P'', motsvarande delområdet B'' erhålles. Den felaktiga positionen i y-led detekteras pga att den ligger alltför långt från de accepterade positionerna p1 och P3. Informationen i det avbildade delområdet B behöver då bara matchas mot information från olika delområden med varierande y-koordinat inom intervallet M'.

Matchningen utförs alltså mellan å ena sidan information som härrör från avbildat delområde och som därmed inte alltid är 100%-igt korrekt, och å andra sidan känd information om hur positionskodningsmönstret skall se ut i olika delområden. Vid varje matchning av ett avbildat delområde mot ett matchningsdelområde bestäms en sannolikhet för att det avbildade delområdet avbildar matchningsdelområdet. När alla delområden inom matchningsområdet har matchats väljs den position som svarar mot det matchningsdelområde för vilken högst matchnings-sannolikhet har erhållits.

Det är naturligtvis önskvärt att matchningen skall ta så kort tid som möjligt så att den digitala registreringen av det som skrivs på pappret skall kunna göras i realtid och att matchningen skall kräva så lite processorkapacitet och minnesutrymme som möjligt. Det senare är speciellt önskvärt när matchningsoperationen utförs i användarenheten som normalt kan förväntas ha begränsad processorkapacitet och begränsat minnesutrymme. Det är därför önskvärt att optimera matchningen på olika sätt.

I fig 3 visas ett exempel på ett delområde 300 som kodar en position och som innehåller 6 * 6 symboler, som schematiskt illustreras med en prick 310 var. För åskådligghetens skull visas inte olika värden hos symbolerna utan alla symbolerna visas med samma prick. Varje symbol kan anta ett förutbestämt antal olika värden, exempelvis

"0" och "1". Symbolens värde kan kodas med hjälp av olika parametrar, såsom storleken på pricken, placeringen av pricken eller formen hos pricken. Naturligtvis kan delområden med annat antal symboler användas.

- 5 Matchningen av delområdet 300 mot ett delområde med känt innehåll kan ske på olika nivåer. Den kan exempelvis ske på symbolnivå. I detta fall kan varje symbolvärde som bestämts från delområdet 300 jämföras med motsvarande symbolvärde i delområdet med känt innehåll och antalet
- 10 korrekta symbolvärden användas som en indikation på sannolikheten för att delområdet 300 motsvarar delområdet med känt innehåll. Alternativt kan vid avkodningen av värdena för symbolerna i delområdet 300 en sannolikhet bestämmas för att varje symbol antar vart och ett av de
- 15 möjliga värdena, exempelvis "0" och "1". För varje matchat delområde kan då den kombinerade sannolikheten för att symbolerna i delområdet 300 antar just den kombinationen av värden som finns i matchningsdelområdet bestämmas. Positionen för matchningsdelområdet med den
- 20 högsta kombinerade sannolikheten väljs som den avkodade positionen för delområdet 300.

- Matchningen kan alternativt göras på en "högre" nivå. Symbolerna kan ordnas i grupper, exempelvis i
- 25 kolumn- eller radvektorer, och ett vektorvärde bestämmas för varje vektor. I fig 3 visas ett exempel på en grupp med hänvisningsbeteckning 320. Istället för symbolvärden kan alltså gruppvärden eller vektorvärden jämföras vid varje delområdesmatchning, vilket resulterar i färre jämförelser för varje delområde. På motsvarande sätt som
- 30 för matchningen på symbolnivå kan även sannolikheten bestämmas för att varje grupp/vektor antar vart och ett av sina möjliga värden och den kombinerade sannolikheten för varje matchat delområde bestämmas. Detta innebär att färre sannolikheter behöver kombineras vid varje del-
- 35 områdesmatchning. Matchningen på gruppnivå innebär också förenklingar när det gäller att få fram informationen om hur positionskodningsmönstret är uppbyggt i de olika

matchningsdelområdena, eftersom det då räcker att lagra eller beräkna gruppvärden istället för symbolvärden.

Matchningen kan även göras med information som förädlats i ännu högre grad från det avbildade delområdet. Exempelvis kan information som härleds från två eller flera grupper jämföras vid matchningen.

I det följande skall positionsavkodningen exemplifieras och beskrivas mera i detalj med hänvisning till ett specifikt positionskodningsmönster som har utvecklats av sökanden och som har patentsökts bl a via den svenska patentansökan SE 0102235-9, vilken ingavs den 25 juni 2001 och vilken således inte var offentlig vid denna ansökans ingivning. Positionskodningsmönstret och avkodningen av detta beskrivs i detalj i Appendix A under hänvisning till fig 4-9. Nedan följer dock en kortfattad och förenklad beskrivning av mönstret.

Positionsavkodningen bygger på en talsekvens, som i det följande betecknas differenstagsekvens. Denna differenstagsekvens har egenskapen att om man tar en godtycklig delsekvens med förutbestämd längd, exempelvis en delsekvens med fem differenstag, så har denna delsekvens alltid en entydigt bestämd placering i differenstagsekvensen. Den förekommer med andra ord bara en gång i differenstagsekvensen och kan därmed användas för positionsbestämning. Närmare bestämt "löper" differenstagsekvensen dels längs x-axeln, dels längs y-axeln för positionskodningsmönstret.

Själva positionskodningsmönstret är uppbyggt av enkla grafiska symboler som kan anta fyra olika värden, 0-3. Varje symbol består av en markering som t ex kan ha formen av en prick och som kan vara förskjuten en sträcka i en av fyra olika riktningar i förhållande till en nominell position, se fig 6. Den nominella positionen utgörs av en skärningen mellan rasterlinjer i ett osynligt raster. Symbolens värde bestäms av förskjutningens riktning. Varje symbolvärde 0-3 kan översättas till en bit som används för kodning av en x-koordinat och en bit som

används för kodning av en y-koordinat, dvs till bitparen 0,0; 0,1; 1,0; och 1,1. Kodningen görs alltså separat i x- och y-led, men den grafiska kodningen görs med en symbol som är gemensam för x- och y-biten.

5 Varje position kodas av 6*6 symboler, som alltså kan
översättas till en 6*6-bitmatris för en x-koordinat och
en 6*6-bitmatris för en y-koordinat för positionen. Om
man betraktar x-bitmatrisen kan denna delas in i sex
10 kolumner med vardera sex bitar. Varje sekvens av bitar i
en kolumn utgör en delsekvens i en 63 bitar lång cyklisk
huvudtalsekvens som har egenskapen att om man tar ut en
delsekvens med längden sex bitar har denna en entydigt
bestämd plats i huvudtalsekvensen. De sex kolumnerna kan
alltså översättas till sex positionstal, som motsvarar
15 sex platser i huvudtalsekvensen. Mellan dessa sex posi-
tionstal kan man parvis bilda fem differenstal, som utgör
en delsekvens av differenstalsekvensen och som således
har en entydigt bestämd plats i denna och därmed en en-
tydigt bestämd plats längs x-axeln. För en viss x-koor-
20 dinat kommer positionstalen att variera beroende på y-
koordinaten. Differenstalen blir däremot desamma oberoende
av y-koordinaten eftersom positionstalen hela
tiden varierar i enlighet med huvudtalsekvensen som upp-
repas cykliskt i kolumnerna i hela positionskodnings-
25 mönstret.

På motsvarande sätt definierar sex rader i y-bit-
matrisen sex positionstal i huvudtalsekvensen. Dessa sex
positionstal definierar fem differenstal, som utgör en
delsekvens av differenstalsekvensen och som således har
30 en entydigt bestämd plats längs y-axeln.

När positionskodningsmönstret används registreras,
såsom har framgått ovan, bilder av olika delar av posi-
tionskodningsmönstret. Bilderna innehåller i regel be-
tydligt fler än 6*6 symboler. I själva verket baseras
35 avkodningen normalt på de bästa 8*8 symbolerna i bilden.
De extra symbolerna används bl a för feldetektering,
vilket beskrivs närmare i appendix A.

Eftersom positionskodningsmönstret inte alltid är perfekt reproducerat på en yta och eftersom användarenheten ibland deformerar positionskodningsmönstret vid avbildningen, kan det vara svårt att bestämma prickarnas förskjutningar och därmed symbolernas värde med full säkerhet. I ett praktiskt utförande kan därför istället sannolikheten för att varje symbol antar vart och ett av de fyra olika möjliga värdena bestämmas. Det avbildade delområdet avkodas således till en matris med fyra sannolikhetsvärden för varje element i matrisen, där varje element motsvarar en symbol. Denna matris kan i sin tur delas upp i två matriser - en för x-koordinaten och en för y-koordinaten. Var och en av dessa två matriser innehåller två sannolikhetsvärden för varje element i matrisen. Ett för sannolikheten för att elementet har värdet "1" och ett för sannolikheten att elementet har värdet "0". Behandlingen av varje bild av positionskodningsmönstret resulterar således två sannolikhetsvärdesmatriser P_x och P_y . Hur dessa matriser kan bestämmas beskrivs mera i detalj i Appendix B under hänvisning till fig 10-17. Innehållet i appendix B är patentsökt i bl a den svenska patentansökan nr SE 0102255-7, vilken ingavs den 26 juni 2001 och vilken således inte var offentlig vid denna ansökans inlämning.

I det följande skall positionsavkodning på basis av det ovan beskrivna Anoto-positionskodningsmönstret beskrivas med hänvisning till flödesschemat i fig 18. Positionsavkodningen görs företrädesvis med hjälp av en processor och lämplig programkod, som kan finnas i användarenheten 2 eller den externa enheten 3 i fig 1 eller i någon annan enhet.

Insignalen till programkoden innefattar ovannämnda två sannolikhetsvärdesmatriser P_x och P_y , vilka således avser x-koordinaten respektive y-koordinaten. På basis av dessa sannolikhetsmatriser beräknas en x-position respektive en y-position, steg 1800. Hur detta kan gå till beskrivs närmare i Appendix A och B. I korta drag bestäms

för var och en av matriserna P_x och P_y de mest sannolika platserna i huvudtalsekvensen som bitsekvensen i varje kolumn respektive rad har. Från de sålunda erhållna platserna eller positionstalen (även kallade "sekvensvärden" i Appendix B) bestäms differenstal (även kallade "differensvärden" i appendix B) för x- respektive y-led. Differenstalen bildar en delsekvens av differenstalsekvensen för x-led respektive y-led. Delsekvenserna har varsin entydigt bestämd placering i differenstalsekvensen. Placeringen kan bestämmas på det sätt som beskrivs i appendix A. Placeringen för x-delsekvensen bestämmer x-koordinaten och placeringen för y-delsekvensen bestämmer y-koordinaten.

Koordinatberäkningen kan resultera i tre fall. Antingen lyckas beräkningen av båda koordinaterna, 1801, eller lyckas beräkningen av den ena koordinaten, 1802, men misslyckas beräkningen av den andra koordinaten, eller också misslyckas beräkningen av båda koordinaterna 1803.

Om inga fel detekteras under koordinatberäkningen betraktas denna som lyckad och positionen lagras som en accepterad position, steg 1804. All annan information avseende det avbildade delområdet kan då kastas om inga ytterligare kontroller av positionen skall göras.

Om beräkningen av den ena koordinaten misslyckas, sparas information om denna koordinat för användning vid matchningen, medan den koordinat för vilken beräkningen lyckats lagras och den tillhörande informationen kastas bort, steg 1805, om inga ytterligare kontroller av positionen skall göras.

Om beräkningen av båda koordinaterna misslyckas sparas givetvis information om båda koordinaterna, steg 1806.

Informationen som sparas kan vara hela den information på vilken positionsberäkningen baserades, dvs sannolikhetsvärdesmatrisen/erna P_x och/eller P_y , eller denna information i mer eller mindre bearbetad form. Exempelvis

kan sannolikhetsvärdena för att varje kolumn antar vart och ett av de möjliga positionstalen beräknas och sparas. Alternativt kan exempelvis enbart den mest sannolika kombinationen av positionstal sparas, eventuellt tillsammans med tillhörande sannolikheter. Olika kombinationer eller delmängder av ovannämnda information kan också sparas.

Matchningen kan ske direkt eller senare när fler positioner avkodats.

Antag nu att beräkningen av x-koordinaten har lyckats, men att avkodningen av y-koordinaten har misslyckats. X-koordinaten har sparats liksom sannolikhetsvärdena för alla de tänkbara positionstalen som definieras av raderna i y-koordinatmatrisen.

När matchningen skall utföras bestäms först det område inom vilket matchningen skall ske, steg 1807. Eftersom x-koordinaten i detta fall är känd, behöver matchningen endast ske längs y-axeln. Intervallet längs y-axeln kan bestämmas som intervallet mellan en tidigare och en senare accepterad y-koordinat.

Därefter sker själva matchningen. Eftersom x-koordinaten är känd, vet man för varje y-koordinat inom matchningsområdet vilka positionstal som y-koordinaten motsvarar. De för dessa positionstal lagrade sannolikheterna hämtas från minnet och den kombinerade sannolikheten beräknas som produkten av sannolikheterna för de aktuella positionstalen, steg 1808. När den kombinerade sannolikheten har beräknats för alla y-koordinater inom matchningsområdet, väljs den y-koordinat för vilken den högsta kombinerade sannolikheten erhållits, steg 1809. Den tidigare lagrade x-koordinaten och den valda y-koordinaten lagras som en accepterad position, steg 1810 och all information som sparats för matchningen slängs bort om ytterligare kontroll av positionen inte skall göras.

I ett alternativt utförande kan endast det mest sannolika positionstalet för varje rad vara sparad. I detta fall jämförs för varje y-koordinat antalet överensstämmande positionstal. Den y-koordinat för vilket högst

antal överensstämmande positionstal erhålles väljs. Detta utförande har fördelen att mängden information som sparas blir mindre. Å andra sidan erhålles ett grövre mått på sannolikheten för att det avbildade delområdet överens-

5 stämmer med matchningsdelområdet vad avser positionen i y-led.

I ännu ett alternativt utförande är förutom de mest sannolika positionstalen även sannolikheterna för dessa sparade. Den mest sannolika y-koordinaten kan då väljas

10 på basis av antalet överensstämmande positionstal, den kombinerade sannolikheten för dessa och den kombinerade sannolikheten för de icke-överensstämmande positionstalen.

Om positionsberäkningen misslyckades för båda koordinaterna, steg 1803, sparas exempelvis det mest sannolika positionstalet för var och en av raderna i y-koordinatmatrisen P_y och det mest sannolika positionstalet för var och en av kolumnerna i x-koordinatmatrisen P_x .

15

Matchningen utförs för en koordinat i taget. Antag att matchningen börjar med x-koordinaten. Först bestäms då matchningsområdet som ett intervall längs x-axeln, steg 1811. Storleken på området kan bestämmas med hänsyn till samma parametrar som nämnts ovan. Därefter sker själva matchningen, steg 1812.

20

Eftersom y-koordinaten inte är känd i detta fall, vet man inte vilka positionstal som de olika x-koordinaterna motsvarar utan bara differensstalen. En tänkbar matchningsstrategi är att beräkna differenserna mellan de lagrade positionstalen och matcha dessa mot differenserna för de olika x-koordinaterna inom matchningsområdet.

25

30 Eftersom ett felaktigt positionstal ger upphov till två felaktiga differenser är detta dock inte en optimal strategi.

En annan tänkbar lösning vore att prova alla tänkbara kombinationer av positionstal som ger upphov till differensstalen för den matchade x-koordinaten. För varje kombination av positionstal som matchar differensstalen

35

tar man sannolikhetsvärdena för positionstalen och multiplicerar dessa. Den x-koordinat för vilken det högsta sannolikhetsvärdet erhålls bestäms. Denna lösning fungerar väl, men kräver många beräkningar och tar därmed
 5 mycket tid. Dessutom kräver den att man har tillgång till sannolikhetsvärdena för alla positionstalen.

För att optimera matchningen kan istället matchningen genomföras med hjälp av en algoritm som räknar ut hur många positionstal som är överensstämmande med minst
 10 ett senare positionstal med avseende på differenstagarna för den matchade x-koordinaten, varvid positionstalen betraktas från höger till vänster.

Antag att man har tillgång till 8 positionstal p_0 - p_7 som har bestämts från det avbildade delområdet. Dessa
 15 skall matchas mot sju differenstagarna s_0 - s_6 , som utgör den delsekvens av differenstagarna som kodar y-koordinaten mot vilken informationen från det avbildade delområdet skall matchas. Differenstagarna kan bestämmas genom att positionskodningsmönstrets uppbyggnad är känd.

20 Algoritmen fungerar då enligt följande:

```

    Antalmatch = 0;
    För k= 6 nertill 0
      För i=0 till 6-k
        25 Om  $p_{k+i+1}-p_k=\text{sum}(j=k:k+i)(s_j)$ 
          Antalmatch=Antalmatch+1;
          Bryt innersta slingan;
        Slut
      Slut
    30 Slut
  
```

När algoritmen har exekverats innehåller variabeln Antalmatch det antal positionstal som är överensstämmande med minst ett senare positionstal vad avser differenstagarna
 35 i differenstagardelsekvensen.

När alla matchningarna har utförts väljs den x-koordinat för vilken Antalmatch blev störst. Koordinaten

sparas som en lyckad koordinat. Dessutom kan positionstalen för x-koordinaten nu enkelt bestämmas för att användas vid ett eventuellt senare verifieringssteg, som beskrivs nedan.

5 Algoritmen ovan skall nu illustreras genom ett exempel. Antag att ett delområde har avbildats vilket innehåller symboler som för x-koordinaten ger upphov till följande delsekvens P av positionstal. Dessa positionstal definierar en delsekvens D av differenstag. Antag vidare
10 att delområdet inte har avbildats korrekt utan att den felaktiga delsekvensen P* har erhållits vid positionsberäkningen på basis av informationen från det avbildade delområdet. Antag slutligen att huvudtalsekvensen är 63 bitar lång, vilket medför att differenserna mellan positionstalerna som anger platserna i huvudtalsekvensen be-
15 räknas modulo 63.

	P=	23	12	54	43	7	18	11	35
	D=		52	42	52	27	11	56	24
20									
	P*	23	55	54	43	7	42	11	35

Positionstalen nr 2 och nr 6 har alltså avkodats fel. Ovan beskrivna algoritm kommer med detta exempel att
25 fungera enligt följande.

Antalmatch = 0

P7:

30 $(35-11) \bmod 63 = 24$. P7 matchad. Antalmatch = 1

P6:

$(11-42) \bmod 63 = 32$ (skulle vara 56) Ingen match

$(35-42) \bmod 63 = 56$ (skulle varit 17 = $(56+24) \bmod 63$).

35 Ingen match. P6 ej matchad.

P5:

$(42-7) \bmod 63 = 35$ (skulle varit 12) Ingen match.

$(11-7) \bmod 63 = 4 = (11+56) \bmod 63$. P5 matchad.

5 Antalmatch =2

P4:

$(7-43) \bmod 63 = 27$. P4 matchad. Antalmatch=3

10 P3:

$(43-54) \bmod 63 = 52$. P3 matchad. Antalmatch=4

P2:

$(54-55) \bmod 36 = 62$ (skulle varit 42) Ingen match.

15 $(43-55) \bmod 63 = 51$ (skulle varit $31 = (42+52) \bmod 63$).

Ingen match.

$(7-55) \bmod 63 = 15$ (skulle varit $58 = (42+52+27) \bmod 63$).

Ingen match.

$(42-55) \bmod 63 = 50$ (skulle varit $6 = (42+52+27+11) \bmod 63$).

20 Ingen match.

$(11-55) \bmod 63 = 19$ (skulle varit

$62 = (42+52+27+11+56) \bmod 63$. Ingen match.

$(35-55) \bmod 63 = 43$ (skulle varit 23) =

$(42+52+27+11+56+24) \bmod 63$. Ingen match.

25 P2 ej matchad.

P1:

$(55-23) \bmod 63 = 32$ (skulle varit 52). Ingen match.

$(54-23) \bmod 63 = 31 = (52+42) \bmod 63$. P1 matchad.

30 Antalmatch = 5

Algoritmen kommer alltså fram till att fem positionstal är överensstämmande med minst ett senare positionstal vad avser differenserna i differensstalsdelsekvensen. Antalet överensstämmande positionstal används som ett mått på matchningssannolikheten.

Ovanstående exempel för hur x-koordinaten kan matchas om positionsberäkningen misslyckats för båda

koordinaterna fungerar naturligtvis lika bra om man börjar med y-koordinaten istället för x-koordinaten.

När den första koordinaten har bestämts genom matchning kan den andra koordinaten bestämmas på samma sätt som beskrivits ovan för det fall då positions-beräkningen misslyckats enbart för den ena koordinaten eller på samma sätt som för den första koordinaten av de två misslyckade.

Algoritmen ovan kan optimeras genom att flera matchningar utvärderas samtidigt och genom att summorna av differenstagalen hanteras mera effektivt. Algoritmen kan då vara såsom följer, där ss_i för varje matchning är lika med $sum(s_0..s_i)$.

```

15      För varje matchning
          För k = 0 till 6
              För i= 0 till 6-k
                  dp=  $p_{k+i+1}-p_k$ 
                  Om dp =  $ss_i$ 
20                      Antalmatchk= Antalmatchk+1
                      Bryt den innersta slingan;
                      Slut
                  Slut
              Slut
          Slut
25      Kontrollera om Antalmatch0 är störst hittills, i så fall spara
          värde på Antalmatch0 samt motsvarande x-koordinat.
          För j=0 till 5
              Antalmatchj = Antalmatchj+1
              Antalmatch6 = 0
30      d= nästa tidigare differenstagal  $\hat{x}$ 
          differenstagelsekvensen.
          För j=6 till 1
               $ss_j=ss_{j-1} + d$ 
               $ss_0 = d$ 
35      Slut
  
```

Matchningen kan med fördel avslutas med ett verifieringssteg, steg 1815 som visas med streckade linjer i fig 18. Det finns nämligen en ökad risk för fel eftersom matchningsalgoritmen alltid kommer att hitta en position nära en tidigare accepterad position. Detta innebär att man inte kan titta på avståndet från accepterade positioner för att bedöma om den matchade positionen är korrekt eller ej. Verifieringssteget kan innefatta att beräkna sannolikheten för den erhållna positionen med hjälp av all information som finns i det avbildade delområdet. I regel innefattar detta betydligt fler symboler än de 8×8 symboler som används vid positionsberäkningen. Det kan exempelvis innefatta 16×16 symboler. För var och en av dessa symboler har ett sannolikhetsvärde bestämts för vart och ett av värdena som symbolen kan anta. När ett koordinatpar har bestämts med hjälp av det bästa 8×8 -området, är dessa 8×8 symbolers värden kända och därmed bitarna i kolumnerna respektive raderna i motsvarande 8×8 bitar stora x- och y-bitmatriser. Eftersom kolumnerna och raderna utgör delsekvenser av en binär cyklisk huvudtalsekvens är det då med kännedom om differnstalsekvensen bestämt hur kolumnerna och raderna fortsätter inom det större 16×16 -området. Med hjälp av sannolikhetsvärdena för bitarna utanför 6×6 -området kan man då beräkna ett sannolikhetsmått för hela 16×16 -området och jämföra detta med ett tröskelvärde för att avgöra om den totala sannolikheten för 16×16 -området är tillräckligt hög för att den avkodade positionen slutligt skall accepteras.

Hela förfarandet sammanfattas i blockschemat i fig 19. Först utförs en positionsberäkning 1901. Om denna lyckas går positionen vidare till verifiering 1902. Om denna lyckas accepteras positionen. Om positionsberäkningen misslyckas utförs en matchning 1903. Denna utförs även om verifieringen misslyckas för en position för vilken positionsberäkningen lyckades. Matchningen ger alltid upphov till en position. Denna går till verifi-

5

10

20

25

30

35

Det är också tänkbart att åstadkomma strömförsörjningen via en kabel från en extern strömkälla (visas ej).

Elektronikdelen innehåller processorenhet 2016 med en processor som är programmerad till att läsa in bilder
5 från sensorn och utföra positionsberäkning, matchning och verifiering på basis av dessa bilder, samt arbetsminne och programminne.

Anordningen innefattar vidare i denna utföringsform en pennspets 2017, med vars hjälp man kan skriva vanlig
10 färgämnesbaserad skrift på ytan på vilken positionsbestämningen skall ske. Pennspetsen 2017 kan vara in- och utfällbar så att användaren kan styra om den skall användas eller ej. I vissa tillämpningar behöver anordningen inte ha någon pennspets alls.

15 Lämpligen är den färgämnesbaserade skriften av sådan typ att den är transparent för infrarött ljus och är markeringsarna absorberande för infrarött ljus. Genom att använda en lysdiod som avger infrarött ljus och en sensor som är känslig för infrarött ljus sker avkänningen av
20 mönstret utan att ovannämnda skrift interfererar med mönstret.

Anordningen kan vidare innefatta knappar 2018 med vars hjälp anordningen aktiveras och styrs. Den har också en sändtagare 2019 för trådlös överföring, t ex med IR-
25 ljus, radiovågor eller ultraljud, av information till och från anordningen. Anordningen kan vidare innefatta en display 2020 för visning av positioner eller registrerad information.

Anordningen kan vara uppdelad i olika fysiska höl-
30 jen, varvid sensorn och andra komponenter som är nödvändiga för att ta bilder av positionskodningsmönstret och för att överföra dessa till ett andra hölje finns i ett första hölje, medan signalbehandlingsenheten och andra komponenter som är nödvändiga för att utföra positions-
35 avkodningen finns i det andra höljet.

APPENDIX A

Positions-koden används för att koda positioner i en
 5 eller flera dimensioner. För att förenkla beskrivningen
 betraktas först positionskodningen i en första dimension,
 som i det här exemplet är i x-riktningen. För kodningen i
 denna riktning används en cyklisk huvudtalsekvens vilken
 har egenskapen att platsen i den cykliska huvudtalsekven-
 10 sen för varje delsekvens med en förutbestämd längd är en-
 tydigt bestämd. I detta exempel är den förutbestämda
 längden 6. Om man alltså tar sex efter varandra följande
 tal på en godtycklig plats i den cykliska huvudtalsekven-
 sen så förekommer dessa sex tal endast en gång i huvud-
 15 talsekvensen i denna följd. Egenskapen gäller också om
 man kopplar ihop slutet av huvudtalsekvensen med början
 av huvudtalsekvensen. Därför betecknas huvudtalsekvensen
 som cyklisk. I detta exempel används en binär huvudtal-
 sekvens. Om platsen för en delsekvens med sex tal skall
 20 vara entydigt bestämd kan då huvudtalsekvensen maximalt
 ha längden $2^6=64$ och delsekvenserna med längden 6 kan ha
 platserna 0-63 i huvudtalsekvensen. Om man emellertid
 väljer en huvudtalsekvens med längden 63 kan man, såsom
 kommer att framgå nedan, åstadkomma förbättrade felkorri-
 25 geringsegenskaper. I det följande kommer således antas
 att huvudtalsekvensens längd är 63 och att den således
 definierar unika platser i intervallet 0-62. Med denna
 längd på huvudtalsekvensen är det praktiskt genomförbart
 att ha en tabell som översätter varje delsekvens till en
 30 plats i huvudtalsekvensen och omvänt.

Antag att början av huvudtalsekvensen är den följande: 0,0,0,0,0,0,1,0,0,1,1,1,1,1,0,1,0...

Delsekvensen 0,0,0,0,0,0 har då exempelvis den
 entydiga platsen 0, delsekvensen 1,1,1,1,1,0 den entydiga
 35 platsen 9, och delsekvensen 1,1,1,0,1,0 den entydiga
 platsen 11 i huvudtalsekvensen.

Positionskodningen bygger på att man utnyttjar olika rotationer eller cirkulära skift av den cykliska huvudtalsekvensen. För att koda positioner i x-riktningen skriver man ut eller på annat sätt arrangerar huvudtalsekvensen roterad eller cirkulärt skiftad på olika sätt i 5 kolumner över ytan, dvs i y-riktningen ortogonalt mot den riktningen i vilken man skall koda positioner. Huvudtalsekvensen kan skrivas ut upprepade gånger i samma kolumn, vilket krävs om fler positioner än vad som motsvarar 10 huvudtalsekvensens längd skall kodas i y-riktningen. Samma rotation av huvudtalsekvensen används då vid alla upprepningar. Däremot kan olika rotationer användas i olika kolumner.

I fig 4 visas schematiskt ett papper A1 med sju 15 kolumner $x - x+6$. Endast de första talen i de olika rotationerna av huvudtalsekvenserna är utskrivna. En hel huvudtalsekvens markeras schematiskt med en box AB. I fig 1 är vidare i varje kolumn den första delsekvensen S med sex tal markerad med en streckad box. Var och en av delsekvenserna S har såsom nämnts ovan en entydigt bestämd 20 plats i huvudtalsekvensen.

Varje par av angränsande kolumner definierar ett differenstal d . Differenstalet d ges av skillnaden mellan platserna i huvudtalsekvensen för den första delsekvensen 25 i respektive kolumnen. Om man istället tar differensen mellan platserna för delsekvenserna ett steg nedåt i kolumnerna kommer resultatet att bli detsamma eftersom platserna förskjuts på samma sätt. Differenstalet d kommer alltså alltid bli detsamma oberoende på vilken 30 "höjd" i kolumnerna som man jämför delsekvensernas platser i huvudtalsekvensen. För varje par av kolumner är alltså differenstalet d konstant i y-riktningen.

Den första delsekvensen av huvudtalsekvensen i kolumn $x+5$ är 0,0,0,0,0,0, vilket motsvarar plats 0 i 35 huvudtalsekvensen. Den första delsekvensen av huvudtalsekvensen i kolumn $x+6$ är 1,0,0,0,1,1, vilket motsvarar plats 57 i huvudtalsekvensen. Differensen eller det

cirkulära skiftet mellan dessa kolumner är således 57, varför $d(x+5) = 57$. Det skall påpekas att differenstalen bestäms modulo längden av huvudtalsekvensen.

De differenstal som man kan koda på detta sätt
 5 ligger i intervallet $0 - K-1$ där K är längden på huvudtalsekvensen vilken i detta fall är $K = 63$ och med vilken man alltså kan koda differenstal i intervallet $0-62$.
 Genom att välja olika rotationer på huvudtalsekvensen kan man skapa en sekvens av differenstal, i det följande betecknad som en primär talsekvens eller primär differens-
 10 talsekvens, som har egenskapen att varje delsekvens med en förutbestämd längd har en entydigt bestämd plats i den primära talsekvensen. I detta exempel är den förutbestämda längden 5. Eftersom varje delsekvens bestående av fem
 15 differenstal har en entydigt bestämd plats i den primära differenstalsekvensen kan denna användas för att koda positioner i x -riktningen. I fig 4 kommer således delsekvenserna $S(x) - S(x+5)$ koda fem differenstal $d(x) - d(x+4)$ som bildar en delsekvens av den primära talsekvensen.

20 Det skall för övrigt påpekas att i praktiken skrivs delsekvenserna normalt inte med sina explicita värden utan med en grafisk kodning.

Kolumnerna med huvudtalsekvensens binära tal bildar en matris, vilken i det följande kommer att betecknas som
 25 x -matrisen.

Om huvudtalsekvensens längd är K blir basen i den primära differenstalsekvensen lika med K och dess maximala längd K^5 , dvs i detta fall 63^5 . Det är emellertid inte praktiskt genomförbart att använda en tabell för att
 30 översätta delsekvenser till platser i den primära differenstalsekvensen och omvänt för en så här stor bas. Om man minskar basen för att kunna använda hanterbara tabeller minskar man emellertid antalet positioner som kan kodas.

35 Detta problem löses genom att man bygger upp den primära differenstalsekvensen av kortare differenstalsekvenser, vilka i det följande betecknas sekundära dif-

ferenstalsekvenser eller sekundära talsekvenser, och genom att man vid kodning och avkodning av positionskoden använder de sekundära differenstalsekvenserna, för vilka delsekvenserna och deras platser kan arrangeras i mindre tabeller, för att bestämma den delsekvens i den primära differenstalsekvensen som motsvarar en viss x-koordinat och omvänt.

De sekundära differenstalsekvenserna kan bestämmas enligt följande:

10 För det första tillåts bara differenstal i ett intervall som är sådant att antalet olika differenstal är faktoreriserbart i minst två faktorer. I exemplet med en huvudtalsekvens med längden 63 tillåter man bara differ-
 15 renstal inom ett intervall med längden 54. Talet 54 kan nämligen faktoriseras som $2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3$. Alternativt skulle man exempelvis kunna välja 60 differenstal, dvs $5 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2$, men för att tabellerna skall bli så små som möjligt är det lämpligt att välja tal som ger så små faktorer som möj-
 ligt.

20 För det andra bildar man lika många sekundära differ-
 renstalsekvenser som antalet faktorer som antalet olika differenstal kan faktoriseras i. I detta exempel blir således antalet sekundära differenstalsekvenser lika med fyra.

25 Vidare låter man varje faktor bilda bas i varsin sekundär differenstalsekvens. I detta exempel får man alltså en sekundär differenstalsekvens med basen två och tre sekundära differenstalsekvenser med basen tre.

30 Den maximala längden på de sekundära differens-
 talsekvenserna blir då 32 resp 243 om även de sekundära differenstalsekvenserna skall ha egenskapen att en del-
 sekvens med längden fem skall ha en unik plats i den sekundära differenstalsekvensen. Med sådana längder på de sekundära differenstalsekvenserna blir det praktiskt
 35 genomförbart att översätta delsekvenser på platser och omvänt. Om man istället hade valt att tillåta 60 diffe-
 renstal hade man fått en sekundär differenstalsekvens med

basen 5 och sålunda en maximal längd av 3125, vilket ger en betydligt mer minneskrävande tabell, men som dock fortfarande är hanterbar.

Slutligen väljer man längden av de sekundära differ-
 5 renstalsekvenserna så att längderna är parvis relativt
 prima. Detta betyder att för varje par av sekundära
 differenstalsekvenser så skall den ena differenstalsek-
 vensens längd inte ha någon faktor som är gemensam med
 den andra differenstalsekvensens längd. Detta betyder
 10 vidare att om man repeterar var och en av differenstal-
 sekvenserna så kommer samma kombination av en delsekvens
 från vardera sekundära differenstalsekvensen inte att
 uppstå förrän efter $L=l_1 \cdot l_2 \cdot \dots \cdot l_m$ platser, där l_1 är
 längden av den sekundära differenstalsekvensen 1, l_2 är
 15 längden av den sekundära differenstalsekvensen 2, osv upp
 till l_m som är längden av den sista sekundära differens-
 talsekvensen. Om det bara finns två sekundära talsekven-
 ser blir naturligtvis $L=l_1 \cdot l_2$

Detta illustreras schematiskt i fig 5. Överst visas
 20 den primära talsekvensen PD som löper i en enda lång
 följd med differenstal som här bara visas med X. Därunder
 visas schematiskt de sekundära talsekvenserna A1-A4.
 Vertikala streck visar var talsekvenserna börjar om. En
 delsekvens av den primära talsekvensen och motsvarande
 25 delsekvenser av de sekundära talsekvenserna visas med
 streckade linjer. Det framgår att delsekvenserna motsva-
 rar olika platser i de sekundära talsekvenserna.

Avbildningen av delsekvenser av den primära diffe-
 renstalsekvensen på kombinationer av delsekvenser av de
 30 sekundära differenstalsekvenserna är i detta exempel
 bijektiv. Detta är dock inte nödvändigt.

Positionskodningen i en andra dimension, exempelvis
 i y-riktningen i detta fall, kan göras enligt samma
 princip som positionskodningen i den första dimensionen.
 35 Huvudtalsekvensen arrangeras då med olika cirkulära skift
 i rader på ytan, dvs i x-riktningen i fig 4. Differenstal
 definieras mellan angränsande rader och dessa differens-

tal bildar en primär differenstalsekvens, vilken kan byggas upp av sekundära differenstalsekvenser. Det är tänkbart att använda en annan huvudtalsekvens, en annan primär differenstalsekvens och andra sekundära differens-
 5 talsekvenser i den andra dimensionen. Baserna i de olika talsekvenserna kan också vara andra än de som används vid kodningen i den första dimensionen. I detta exempel används emellertid samma sekvenser i både x- och y-riktningen. Kodningen i y-riktningen resulterar på motsva-
 10 rande sätt som kodningen i x-riktningen i en matris där värdena på raderna utgörs av huvudtalsekvensens binära värden.

Om man överlagrar x- och y-matrisen kommer det att för varje punkt i den resulterande xy-matrisen att finnas
 15 en bit från x-matrisen och en bit från y-matrisen. I varje punkt kan alltså följande fyra bitkombinationer erhållas: 0,0; 0,1; 1,0; och 1,1. Dessa olika kombinationer kan kodas grafiskt på en yta exempelvis på det sätt som visas i fig 6a-d där en prick A30 är förskjuten
 20 i endera av fyra riktningar från en nominell punkt A31 i ett raster, där varje nominell punkt motsvarar skärningspunkten mellan linjer A32 i rastret. Denna typ av grafisk kodning beskrivs närmare i WO 01/26032, där själva den grundläggande positionskodningen dock utförs på ett annat
 25 sätt. Kodningen som används i detta exempel är följande:

Värde	Förskjutning	Bitpar
1	höger	0,1
2	uppåt	0,0
3	vänster	1,0
4	nedåt	1,1

Rastret kan vara virtuellt, varvid det alltså inte är explicit utskrivet på ytan med positionskoden.

30 I fig 7 visas schematiskt en del av en produkt, i form av ett papper 400, med positionskod 410. Det skall betonas att positionskoden i fig 7 är kraftigt förstord

i förhållande till ett utförande som är lämpligt för att exempelvis digitalisera handskrift. Vidare är i fig 7 rastret 420 markerat. Normalt är detta emellertid inte utskrivet.

- 5 Givetvis kan man välja andra typer av grafisk kodning för de fyra bitparen, såsom exempelvis fyra prickar med olika storlek, fyra markeringar med olika form eller fyra markeringar med olika vridning.

- 10 Eftersom positionskodningen bygger på differenser mellan platser för olika delsekvenser i huvudtalsekvensen och samma differenser kan erhållas med hjälp av olika par av delsekvenser kan den primära differenstalsekvensen åstadkommas på olika sätt. Närmare bestämt kan 64 olika "versioner" av den primära differenstalsekvensen åstad-
- 15 kommas beroende på med vilken delsekvens, dvs med vilken rotation av huvudtalsekvensen, som man väljer att börja den allra första kolumnen ($x=0$) i x-matrisen och den allra första raden ($y=0$) i y-matrisen. Man kan alltså generera $K \times K$ (i detta exempel $63 \times 63 = 3969$) olika
- 20 "versioner" av positionskoden som utnyttjar samma primära differenstalsekvens för kodningen i x- och y-riktningen. Dessa olika versioner av positionskoden kallas i det följande för sektioner. Sektionsnumret x_s för positions-
- 25 koden i x-riktningen och sektionsnumret y_s för positionskoden i y-riktningen kan betecknas som en ytterligare koordinat för x-riktningen resp y-riktningen.

- I exemplet ovan utnyttjas bara en delmängd av de differenstal som teoretiskt kan koda med hjälp av huvudtalsekvensen, närmare bestämt bara 54 av 63 möjliga differenstal. Delintervallet av de teoretiskt tänkbara differenstalen kan väljas på olika sätt. I detta exempel kan differenstal nära noll (modulo längden av huvudtalsekvensen) skapa oönskade regelbundenheter i positionskoden. Därför väljs i detta exempel differenstal i intervallet
- 35 (5,58). Detta måste man ta hänsyn till i samband med omvandlingen mellan delsekvensen i den primära talsek-

vensen och delsekvenserna i de sekundära talsekvenserna, vilket framgår i det följande.

Antag nu att positionskoden är anbringad på en yta. En avläsningsanordning kan ha en area-sensor som detek-
 5 terar en delmängd av positionskoden motsvarande åtmin-
 stone 6*6 prickar. Vid avläsningen kan avläsningsanord-
 ningen hållas roterad på olika sätt i förhållande till
 positionskoden. En bild av positionskoden avslöjar i sig
 inte den inbördes vridningen mellan positionskod och av-
 10 läsningsanordning eftersom positionskoden principiellt
 ser likadan ut om den är vriden 0, 90, 180 eller 270
 grader. När positionskoden vrids kommer emellertid rikt-
 ningen för varje pricks förskjutning att ändras, vilket i
 sin tur leder till att det bitpar som kodas av prickens
 15 förskjutning kommer att ändras. Hur ändringen sker beror
 på översättningen mellan förskjutning och bitpar. Nedan
 antas att översättningen görs såsom beskrivits ovan. Det
 finns tre olika fall:

1) Vid 180 grader vridning av bilden av positions-
 20 koden kommer den cykliska huvudsekvensen som kodar x- och
 y-positioner i den icke-vridna positionskoden att läsas
 baklänges när man försöker avkoda positionen på basis av
 bilden. Med den ovan beskrivna kombinationen av förskjut-
 ningar och bitpar kommer bitarna som avkodas att vara
 25 inverterade eftersom positionskoden läses upp och ner.

2) Vid 90 graders vridning medsols kommer en bit-
 sekvens som kodar x-positionen i den icke-vridna matrisen
 att läsas baklänges när man försöker att avkoda y-posi-
 tionen i den vridna matrisen och bitarna kommer att vara
 30 inverterade.

3) Vid 270 graders vridning medsols kommer en bit-
 sekvens som kodar y-position i den icke-vridna matrisen
 att läsas baklänges när man försöker att avkoda x-posi-
 tionen i den roterade matrisen och bitarna kommer att
 35 vara inverterade.

Detta innebär att om delsekvenserna i den rättvända,
 icke-vridna matrisen aldrig förekommer inverterade och

baklänges i den cykliska huvudtalsekvensen så kan 90, 180 och 270 graders vridning detekteras. Om ett sådant villkor skall vara uppfyllt för huvudtalsekvensen innebär detta att dess längd reduceras avsevärt, vilket i sin tur

5 innebär att färre positioner kan kodas.

För att lösa detta problem låter man istället villkoret vara uppfyllt för längre delsekvenser av den cykliska huvudtalsekvensen. Detta innebär att längre delsekvenser än vad som krävs för själva positionsbestämningen måste läsas av. I vissa fall kan sådana längre delsekvenser redan finnas tillgängliga vid avläsningen. Om den minsta delmängden av positionskoden som kodar koordinaterna för en position är kvadratisk, såsom är

10 fallet i detta exempel, måste man under alla omständigheter avläsa en så stor del av positionskoden att man får med hela den minsta delmängden även när avläsningsanordningen är vriden 45 grader i förhållande till positionskoden. Därmed får man alltid med åtminstone någon delsekvens som är längre än vad som krävs för positionsbestämningen. Detta illustreras i fig 8, där varje ruta

15 50 motsvarar en prick och de gråmarkerade rutorna illustrerar att det alltid är möjligt att läsa av åtminstone en rad och en kolumn med två extra prickar.

I det aktuella exemplet där huvudtalsekvensens delsekvenser för positionsbestämning har längden 6 kan delsekvenser med längden 8 användas för detektering av vridningen. Dessa åtta bitar långa delsekvenser skall alltså ha egenskapen att de inte förekommer baklänges och inverterade i huvudtalsekvensen. Denna egenskap kan inte

25 åstadkommas för en 64 bitar lång huvudtalsekvens, vilket är skälet till att längden istället valts till 63.

Samma grundläggande principer som används vid detektering av vridning kan användas för felkorrigering. Man kan exempelvis välja huvudtalsekvensen på så sätt att

35 delsekvenser med någon förutbestämd längd som är längre än den som krävs för positionsbestämning inte förekommer med en bit inverterad i huvudtalsekvensen. Om då alla

bitar utom en i en sådan längre delsekvens kan detekteras säkert så kan den felaktiga biten korrigeras.

Genom ett intelligent val av huvudtalsekvensen kan sålunda feldetekterings- och felkorrigeringsegenskaperna hos positionskoden förbättras avsevärt. Ytterligare för-
 5 bättring kan åstadkommas genom valet av de sekundära differenstalsekvenserna.

I exemplet ovan har huvudtalsekvensen och de sekundära differenstalsekvenserna valts på följande sätt.

10

Huvudtalsekvensen M:

0,0,0,0,0,0,1,0,0,1,1,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,1,0,1,1
 ,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,1,1,0,1,1,0,0,1,1,0,1,0,1,1,1,
 1,0,0,0,1,1

15

Sekundära differenstalsekvenser:

A1=0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,2,0,1,0,0,1,0,1,0,0,2,0,0,0,1,1,0,
 0,0,1,2,0,0,1,0,2,0,0,2,0,2,0,1,1,0,1,0,1,1,0,2,0,1,2,0,1
 20 ,0,1,2,0,2,1,0,0,1,1,1,0,1,1,1,1,0,2,1,0,1,0,2,1,1,0,0,1,
 2,1,0,1,1,2,0,0,0,2,1,0,2,0,2,1,1,1,0,0,2,1,2,0,1,1,1,2,0
 ,2,0,0,1,1,2,1,0,0,0,2,2,0,1,0,2,2,0,0,1,2,2,0,2,0,2,2,1,
 0,1,2,1,2,1,0,2,1,2,1,1,0,2,2,1,2,1,2,0,2,2,0,2,2,2,0,1,1
 ,2,2,1,1,0,1,2,2,2,2,1,2,0,0,2,2,1,1,2,1,2,2,1,0,2,2,2,2,
 25 2,0,2,1,2,2,2,1,1,1,2,1,1,2,0,1,2,2,1,2,2,0,1,2,1,1,1,1,2
 ,2,2,0,0,2,1,1,2,2

A2=0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,2,0,1,0,0,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1,
 1,0,0,1,1,0,1,0,0,2,0,0,0,1,2,0,1,0,1,2,1,0,0,0,2,1,1,1,0
 30 ,1,1,1,0,2,1,0,0,1,2,1,2,1,0,1,0,2,0,1,1,0,2,0,0,1,0,2,1,
 2,0,0,0,2,2,0,0,1,1,2,0,2,0,0,2,0,2,0,1,2,0,0,2,2,1,1,0,0
 ,2,1,0,1,1,2,1,0,2,0,2,2,1,0,0,2,2,2,1,0,1,2,2,0,0,2,1,2,
 2,1,1,1,1,1,2,0,0,1,2,2,1,2,0,1,1,1,2,1,1,2,0,1,2,1,1,1,2
 ,2,0,2,2,0,1,1,2,2,2,2,1,2,1,2,2,0,1,2,2,2,0,2,0,2,1,1,2,
 35 2,1,0,2,2,0,2,1,0,2,1,1,0,2,2,2,2,0,1,0,2,2,1,2,2,2,1,1,2
 ,1,2,0,2,2,2,

A3=0,0,0,0,0,1,0,0,1,1,0,0,0,1,1,1,1,0,0,1,0,1,0,1,1,0,1,
1,1,0,1,

A4=0,0,0,0,0,1,0,2,0,0,0,0,2,0,0,2,0,1,0,0,0,1,1,2,0
5 ,0,0,1,2,0,0,2,1,0,0,0,2,1,1,2,0,1,0,1,0,0,1,2,1,0,0,1,0,
0,2,2,0,0,0,2,2,1,0,2,0,1,1,0,0,1,1,1,0,1,0,1,1,0,1,2,0,1
,1,1,1,0,0,2,0,2,0,1,2,0,2,2,0,1,0,2,1,0,1,2,1,1,0,1,1,1,
2,2,0,0,1,0,1,2,2,2,0,0,2,2,2,0,1,2,1,2,0,2,0,0,1,2,2,0,1
10 ,1,2,1,0,2,1,1,0,2,0,2,1,2,0,0,1,1,0,2,1,2,1,0,1,0,2,2,0,
2,1,0,2,2,1,1,1,2,0,2,1,1,1,0,2,2,2,2,0,2,0,2,2,1,2,1,1,1
,1,2,1,2,1,2,2,2,1,0,0,2,1,2,2,1,0,1,1,2,2,1,1,2,1,2,2,2,
2,1,2,0,1,2,2,1,2,2,0,2,2,2,1,1.

De sekundära differenstalsekvenserna har följande
speciella felkorrigeringsegenskaper:

- 15 Antag att exakt en av huvudtalsekvensens delsekven-
ser avkodas felaktigt, vilket leder till att fel plats i
huvudtalsekvensen avkodas. Eftersom varje plats används
för att beräkna två angränsande differenstal, kommer båda
dessa att påverkas av den felaktiga avkodningen. Om något
20 av differenstalen ligger utanför det använda differens-
talsintervallet (5,58) upptäcks felet omedelbart. Om
detta inte är fallet kommer emellertid åtminstone en del-
sekvens i kombinationen av delsekvenser av de fyra sekun-
dära differenstalsekvenserna som den primära differens-
25 talsekvensens delsekvens resulterar i att vara distorde-
rad i två angränsande positioner. Eftersom de två första
sekundära differenstalsekvenserna A1 och A2 båda har
basen 3 och antalet oanvända differenstal är $9=3 \cdot 3$ har en
distorsion i någon av dessa två sekvenser egenskapen att
30 summan av de två påverkade talen alltid har samma värde
modulo 3. De två sekundära talsekvenserna A1 och A2 har
egenskapen att för varje delsekvens med längden 7 kommer
högst en av de 14 möjliga distorsioner av delsekvensen
som beror på en enskild felaktig platsavkodning att
35 finnas med i den sekundära talsekvensen. Den tredje
sekundära talsekvensen A3 har vidare egenskapen att för
varje delsekvens med längden 7 kommer högst en av 13 möj-

- liga distorsioner av delsekvensen som beror på en enskild felaktig platsavkodning att finnas med i den sekundära talsekvensen. Den fjärde sekundära talsekvensen A4 har samma egenskap för högst sju av 28 möjliga distorsioner.
- 5 Sannolikheten att en enskild felaktig avkodning av en delsekvens av huvudtalsekvensen upptäcks är alltså stor.

Med de valda sekvenserna kan totalt 410815348 olika positioner i varje dimension av en sektion kodas. Antalet olika sektioner som kan kodas är såsom nämnts 63^2 . Det

10 totala antalet kodningsbara positioner är således $63^2 \cdot 410815348^2 = 6,7 \cdot 10^{20}$ positioner.

Om varje position motsvarar en yta av $0,3 \cdot 0,3 \text{ mm}^2$ motsvarar detta att unika positioner på en yta av 60 miljoner km^2 kan kodas. Denna yta som spänns upp av alla

15 unika punkter som teoretiskt kan kodas med hjälp av positionskoden kan betecknas som en imaginär yta. Koordinaterna som positionskoden kodar är således absoluta koordinater för punkter på den imaginära ytan. Delar av positionskoden kan anbringas på ett fysiskt underlag

20 eller yta. Positions-koden kodar då positioner på detta underlag. Koordinaterna avser dock normalt inte absoluta koordinater för positionerna på det fysiska underlaget utan för punkterna på den imaginära ytan.

Praktiskt exempel på positionsavkodning

- 25 Positions-koden kan avkodas i en avkodningsanordning som kan innefatta en sensor för avläsning av positions-koden samt en processorenhet av något lämpligt slag. Processorenheten innefattar då själva processorn, arbetsminne och programminne, i vilket är lagrat ett dator-
- 30 program med instruktioner för avkodning av positions-koden. Processorenheten kan finnas i en vanlig persondator, i en handhållen avläsningsanordning eller i någon annan lämplig anordning. Avkodningsanordningen kan alternativt realiseras med hjälp av specialanpassad hårdvara
- 35 såsom en ASIC eller en FPGA eller liknande enhet som kan anpassas så att den blir lämpad för denna specifika upp-

gift eller med analoga och/eller digitala kretsar eller någon lämplig kombination därav.

Ett specifikt exempel på en avkodningsanordning beskrivs nedan.

5 Följande beskrivning görs under hänvisning till flödesschemat i fig 9.

Insignalen till avkodningsanordningen utgörs av en bild eller annan digital representation av en detekterad delmängd av positionskoden, vilken delmängd kodar koordi-
10 nater för åtminstone en punkt, steg 700. I detta exempel är positionskoden representerad grafiskt med prickar som är förskjutna på ett förutbestämt sätt i förhållande till rasterpunkter i ett raster såsom har beskrivits ovan.

I ett första steg vid avkodningen lokaliserar avkod-
15 ningsanordningen prickarna i bilden, exempelvis genom tröskling, och anpassar ett raster till prickarna, steg 705. Rastret kan exempelvis bestämmas på det sätt som beskrivs i sökandens patentansökan WO 01/26033 genom utnyttjande av avstånden mellan olika par av prickar eller
20 också på det sätt som beskrivs i PCT/SE01/00604 genom utnyttjande av Fouriertransformer. För varje rasterpunkt bestäms den tillhörande prickens förskjutning och ges ett värde 0-3 beroende på förskjutningen. En matris med åtminstone storleken $(n_1+1)*(n_1+1)$ väljs där n_1 är längden
25 på de delsekvenser av huvudtalsekvensen som används för positionering och vilkas platser är entydigt bestämda i huvudtalsekvensen. I det aktuella exemplet väljs en $8*8$ -matris $((n_1+2)*(n_1+2))$. Denna matris separeras i en x-matris (även betecknad x-positions-kod) och en y-matris
30 (även betecknad y-positions-kod) genom att förskjutningsvärdena översätts till bitpar genom uppslag i en tabell OI som översätter förskjutningsvärden till bitpar, steg 710. Den första biten i varje bitpar bildar x-matrisen och den andra biten i varje bitpar bildar y-matrisen.

35 I nästa steg undersöks de fyra tänkbara vridningarna för x- och y-matriserna (0, 90, 180 och 270 grader) och bestäms den aktuella vridningen, steg 715. Härvid ut-

nyttjas det tidigare beskrivna faktumet att vid felaktig vridning av matrisen uppkommer delsekvenser med längden 8 som saknas i huvudtalsekvensen.

Samtidigt kan också en viss felkorrigering på basis av delsekvenserna med längden 8 utföras.

När den korrekta vridningen har fastställts används i de följande stegen enbart de $n_1 * n_1$ stora x- och y-matriserna i mitten i rättvänd form, dvs i detta exempel två stycken 6*6-matriser. X- och y-matrisen avkodas parallellt eller sekventiellt med x före y eller omvänt, vilket indikeras med de parallella flödena i fig 9.

I ett första steg 720 av avkodningen av x-matrisen bestäms en delsekvens av den primära differenstagsekvensen, vilken i fig 9 betecknas primär delsekvens. I x-matrisen utgör bitarna i kolumnerna i matrisen närmare bestämt delsekvenser av huvudtalsekvensen. Motsvarande platser i huvudtalsekvensen bestäms genom uppslag i en tabell MI som översätter delsekvenser till platser. Därefter bestäms de differenstagstal som delsekvenserna av huvudtalsekvensen kodar. Antalet är i detta exempel fem. Differenstagstalen bestäms närmare bestämt som differensen d mellan angränsande delsekvensers platser, varvid differensen bestäms modulo längden av huvudtalsekvensen.

Den sålunda erhållna sekvensen av differenstagstal är alltså en delsekvens av den primära differenstagsekvensen, vilken används för kodningen i x-led, men vilken p g a sin storlek ej finns lagrad i avkodningsanordningen. Istället utnyttjas egenskapen hos den primära differenstagsekvensen att varje delsekvens kan översättas till en kombination av en delsekvens från var och en av de sekundära differenstagsekvenserna. I steg 725 översätts den primära delsekvensen således till sekundära delsekvenser. Närmare bestämt skrivs varje differenstagstal om enligt följande:

$$d = d_1 + b_1 * d_2 + \dots + b_1 * b_2 \dots * b_{n-1} * d_n,$$

där n är antalet sekundära differenstagsekvenser och b_i är basen i den sekundära differenstagsekvensen i . I det aktuella exemplet blir detta:

$$d = 5 + d_1 + 3 \cdot d_2 + 9 \cdot d_3 + 18 \cdot d_4.$$

5 där d_1 - d_4 kan bestämmas genom heltalsdivision eller via tabeller.

Vart och ett av de fem talen i den avkodade delsekvensen av den primära differenstagsekvensen resulterar alltså i fyra tal d_1, d_2, d_3, d_4 . Man erhåller alltså fem
10 d_1 -tal som bildar en delsekvens av den första sekundära differenstagsekvensen, fem d_2 -tal som bildar en delsekvens av den andra sekundära differenstagsekvensen, fem d_3 -tal som bildar en delsekvens av den tredje sekundära differenstagsekvensen och fem d_4 -tal som bildar en del-
15 sekvens av den fjärde sekundära differenstagsekvensen. Ett exempel ges nedan:

	d	23	45	51	9	37
	d_1	2	0	0	0	1
20	d_2	1	0	2	0	0
	d_3	0	1	1	1	0
	d_4	1	2	2	0	2

Delsekvensernas respektive platser i de sekundära
25 differenstagsekvenserna bestäms, steg 730, genom uppslagning i fyra tabeller DCI_i som översätter deltasekvenser i respektive sekundära differenstagsekvens till platser i respektive sekundära differenstagsekvenserna.

För varje delsekvens erhålles då en plats p_i . För
30 dessa platser gäller

$$P = p_1 \pmod{11}$$

$$P = p_2 \pmod{12}$$

35 $P = p_m \pmod{1m}$

där P är platsen i den primära differenstalsekvensen som motsvarar koordinaten x , p_i är platsen i den sekundära differenstalsekvensen i , l_i är längden av den sekundära differenstalsekvensen i och m är antalet sekundära differenstalsekvenser.

Detta ekvationssystem kan lösas med den välkända kinesiska restsatsen, som exempelvis beskrivs närmare i Niven, Suckerman, Introduction to the theory of numbers, Springer Verlag. I steg 735 bestäms alltså x .

Definiera $L = \prod_{i=1, m} l_i$ och $q_i(L/l_i) = 1 \pmod{l_i}$. Platsen P i den primära differenstalsekvensen kan då erhållas som:

$$P = \left(\sum_{i=1, n} ((L/l_i) * p_i * q_i) \right) \pmod{L}$$

I det aktuella exemplet erhålles

$$L = l_1 * l_2 * l_3 * l_4 = 236 * 233 * 31 * 241 = 410815348$$

och

$$q_1 = 135$$

$$q_2 = 145$$

$$q_3 = 17$$

$$q_4 = 62$$

Om man exempelvis erhåller platserna $p_1=97$; $p_2=176$; $p_3=3$ och $p_4=211$ för de sekundära differenstalsekvensernas delsekvenser så blir motsvarande plats P i den primära differenstalsekvensen 170326961 enligt den kinesiska restsatsen.

När P har bestämts är nästa steg att bestämma till vilken x -sektion platsen hör. Detta görs först under antagande att $y=0$ och genom beräkning av $s(x, 0)$, dvs platsen i huvudtalsekvensen för deltalsekvensen för kolumn x för $x_s=0$. $s(x, 0)$ beräknas med hjälp av de sekundära differenstalsekvenserna på samma sätt som har beskrivits ovan i samband med bestämning av positionskoden för position x . Om $s(x, 0)$ subtraheras från platsen för den första deltalsekvensen av de sex deltalsekvenserna som används för positioneringen i x -led erhålles x_s för $y=0$.

Före, parallellt med eller efter avkodningen av x-matrisen avkodas y-matrisen, varvid en plats i den primära differenstalsekvensen bestäms för y-riktningen, i enlighet med steg 740-755 i fig 7, på motsvarande sätt
 5 som har beskrivits ovan för x-riktningen. Vidare beräknas den aktuella y-sektionen y_s på motsvarande sätt som har beskrivits ovan för x-sektionen, men med antagandet att $x=0$. Slutligen i steg 760 kan x_s bestämmas med hänsyn tagen till y och y_s bestämmas med hänsyn tagen till x
 10 genom att y (modulo längden av huvudtalsekvensen) subtraheras från x_s för $y=0$ och x (modulo längden av huvudtalsekvensen) subtraheras från y_s för $x=0$.

Följande tabeller kan alltså användas för avkodningen av positionskoden:

15 MI: som översätter delsekvenser av huvudtalsekvensen till platser i huvudtalsekvensen,

DCI_i: som översätter delsekvenser av var och en av de n sekundära differenstalsekvenserna till platser i de n sekundära differenstalsekvenserna, och

20 OI: som översätter förskjutningsvärden till bitpar.

Det skall betonas att flödesschemat i fig 7 är ett grovt schematiskt exempel på hur positionsavkodningen kan realiseras, exempelvis i ett datorprogram.

25

Markeringarnas 18 värde definieras av deras förskjutning i förhållande till de rasterpunkter 22 till vilka de är associerade. I denna utföringsform finns det för varje markering fyra ideala placeringar som var och en motsvarar värdesannolikheten 1 för ett enda värde. Dessa placeringar är på var och en av de fyra rasterlinjerna 21 som utgår från den rasterpunkt 22 till vilken markeringen är associerad, vilka placeringar är belägna på lika avstånd från rasterpunkten. Idealplaceringarna 25 för en markering visas i förstoring i fig 11a-d. De har i fig 11a värdet "0", i fig 11b värdet "1", i fig 11c värdet "2" och i fig 11d värdet "3". Varje markering kan alltså representera fyra olika värden "0-3".

2025 JUL 24 09:01 C. PACIFIC ANS 1.01' 7017259 84 1014012-17-04 13.4.650

dragen utföringsform antas markeringarna vara normalfördelade kring idealplaceringarna vilket innebär att värdesannolikheterna, P_v kan beräknas genom formeln $P_v = k \exp(-(d_i)^2/v)$, där k = en konstant, d_i = avståndet från en
 5 markering till en idealplacering och v = variansen.

För varje markering kan alltså fyra stycken värdesannolikheter beräknas. Ibland inträffar det att en markering hamnar mitt i en rasterpunkt. I de fallen kommer de fyra värdesannolikheterna för markeringen att
 10 vara lika eftersom avstånden från markeringen till var och en av idealplaceringarna är lika stora. Fallet att det inte finns någon markering associerad med en rasterpunkt behandlas som om det fanns en markering mitt i rasterpunkten d v s värdesannolikheterna blir lika stora.

Om det finns fler än en, t ex 3, associerade markeringar till en rasterpunkt, så finns det 3×4 stycken värdesannolikheter för rasterpunkten. Anordningen är därför anordnad att för varje rasterpunkt och för varje värde bestämma rasterpunktssannolikheter att de till rasterpunkten associerade markeringarna tillsammans definierar
 20 detta värde. Rasterpunktssannolikheterna bestäms i denna utföringsform genom att den största värdesannolikheten bland de associerade markeringarna väljs ut för varje värde. Alternativt kan rasterpunktssannolikheterna vara
 25 viktade summor av värdesannolikheterna för värdena för de associerade markeringarna.

Beräkning av rasterpunktssannolikheterna i denna utföringsform illustreras medelst sifferexemplet i fig 13. I fig 13a visas en rasterpunkt 22 med två associerade
 30 markeringar 28 och 29. Tabellerna 30 och 31 i fig 13b innehåller värdesannolikheterna P_1 för respektive markering. Tabellen 32 i fig 13c innehåller de resulterande rasterpunktssannolikheterna P_2 för rasterpunkten 22. Rasterpunktssannolikheterna är i detta exempel relativa.
 35 Alternativt kan de istället vara normerade på lämpligt sätt. Om det bara finns en associerad markering till en

rasterpunkt är rasterpunktssannolikheterna uppenbarligen lika med värdesannolikheterna.

Vid registreringen av en bild påverkar anordningens avstånd till ytan hur stor del av positionskoden som registreras och därmed också hur pass stort raster som kan anpassas till bilden. För omvandling av bilden till en position används de markeringar som är associerade med 8x8 av de anpassade rasterpunkterna. Om fler än 8x8 rasterpunkter har anpassats till bilden, identifieras alltså ett överskott av markeringar. Anordningen är därför vidare anordnad att ur samtliga anpassade rasterpunkter välja ut den uppsättning rasterpunkter som ger mest information om positionen på ytan, vilken uppsättning enligt en föredragen utföringsform är sammanhängande. För detta ändamål beräknas entropin för var och en av samtliga anpassade rasterpunkter. Därefter väljs de 8x8 rasterpunkter ut som ger den minsta entropisumman. Entropin för en rasterpunkt beräknas enligt nedanstående formel om rasterpunktssannolikheterna är normerade så att

$$\sum_i P_i = 1$$

$$H = - \sum_i P_i \ln(P_i)$$

där P_i är rasterpunktssannolikheten för värdet i och där \ln är den naturliga logaritmen. Entropin för en rasterpunkt blir alltså maximal då rasterpunktssannolikheterna är lika stora och minimal då alla utom en av rasterpunktssannolikheterna är noll. Ett alternativ till att välja ut 8x8 rasterpunkter med hjälp av entropiberäkningar är att istället använda den största rasterpunkts-sannolikheten för varje rasterpunkt som ett informationsvärde och välja ut de sammanhängande 8x8 rasterpunkter som ger störst summa av informationsvärdena.

I positionskoden används de fyra olika värdena "0-3" för att koda en binär bit i var och en av två riktningar. Anordningen är således anordnad att för var och en av de 8x8 rasterpunkterna omvandla värdena till de fyra olika

bitkombinationerna (0, 1), (0, 0), (1, 0) och (1, 1) vilka bitkombinationer har de till värdena tillhörande rasterpunktssannolikheterna, se fortsättningen på det tidigare sifferexemplet i tabellen 33 i fig 14a. I bit-

5 kombinationerna hänför sig det första talet till en första riktning och det andra talet till en andra riktning.

Anordningen är anordnad att för de 8x8 rasterpunkterna separera rasterpunktssannolikheterna i nollsannolikheter och ettsannolikheter. I denna utföringsform görs

10 detta för var och en av rasterpunkterna genom att de rasterpunktssannolikheter som svarar mot att det första talet är en nolla jämförs, varvid den största rasterpunktssannolikheten väljs till nollsannolikhet vilken

15 sparas i en första matris 34. Sedan jämförs de rasterpunktssannolikheter som svarar mot att det första talet är en etta, varvid den största rasterpunktssannolikheten väljs till ettsannolikhet vilken sparas i den första matrisen 34. Därefter upprepas den ovanstående proceduren

20 för det andra talet och för en andra matris 35. Resultatet illustreras genom fortsättningen på sifferexemplet i fig 14b. Enligt andra utföringsformer kan en första och en andra matris med noll- och ettsannolikheter för de 8x8 rasterpunkterna skapas genom att rasterpunktssannolikheter

25 som svarar mot att det första talet är en nolla adderas varvid summan lagras som nollsannolikhet och att de rasterpunktssannolikheter som svarar mot att det första talet är en etta adderas varvid summan lagras som en sannolikhet, varvid ovanstående procedur upprepas för det

30 andra talet.

De 8x8 rasterpunkterna motsvaras alltså nu av två stycken matriser 34 och 35 med 8x8 element vardera. Vart och ett av elementen innehåller en nollsannolikhet och en ettsannolikhet svarande mot en nolla respektive en etta.

35 Med hjälp av dessa första och andra matriser kan en första koordinat respektive en andra koordinat för positionen bestämmas.

Anordningen är anordnad att för den första matrisen bestämma olika binära sekvenser av storleken åtta med hjälp av en första cyklisk talserie. Den första cykliska talserien är binär, d v s den utgörs av en följd av

5 nollor och ettor, och den innehåller enbart inbördes unika talsekvenser av en given längd. Alla möjliga olika binära sekvenser av storleken åtta finns inte representerade i den första cykliska talserien. Orsaken till

10 detta är att om positionskoden vore helt perfekt, skulle det endast erfordras 6x6 markeringar, d v s 6x6 rasterpunktssannolikheter för 6x6 rasterpunkter, för bestämning av en position. Det finns 2^6 olika binära kombinationer, d v s 64 stycken, om talsekvenser av längden 6 används. En cyklisk talserie innehållande 64 stycken unika tal-

15 sekvenser skulle följaktligen täcka in alla möjliga fall för sekvenser av längden 6. Ett villkor på en cyklisk talserie för avkodning enligt uppfinningen är emellertid att en talsekvens av en given längd inte får förekomma inverterad eller baklänges i talserien vilket leder till

20 den cykliska talserien innehållande 63 talsekvenser för avkodning av sekvenser av storleken 8. Genom att vid avkodningen använda en längre sekvens än den minsta möjliga erhålls ett överskott av nollsannolikheter och ettsannolikheter vilket ger utrymme för felkorrigering.

25 Anordningen är anordnad att för var och en av kolumnerna i den första matrisen jämföra var och en av de 63 olika talsekvenserna med motsvarande binära sekvens i den första matrisen. För varje talsekvens i den första cykliska talserien är anordningen vidare anordnad att be-

30 räkna en första sekvenssannolikhet för motsvarande binära sekvens genom att multiplicera de rasterpunktssannolikheter som motsvaras av sekvensen. Efter denna operation kommer det således att finnas 63 stycken första sekvenssannolikheter med var sitt tillhörande unikt sekvensvärde

35 för varje kolumn i den första matrisen, vilka sekvensvärden definieras av de motsvarande sekvensernas positioner i den första cykliska talserien. Anordningen är

anordnad att för varje kolumn välja ut den största första sekvenssannolikheten och det motsvarande sekvensvärdet och spara dessa. Vid avkodningen används således redundant information för att uppnå felkorrigeringsegenskaper.

5 I ovan beskrivna exempel används 8x8 rasterpunkter vid avkodningen, trots att positionsinformationen kan extraheras utgående från 6x6 rasterpunkter, d v s bilden innehåller 56 bitar redundant information $[(8^2-6^2) \times 2]$. Vid avkodningen matchas, i detta fall kolumnvis, informationen i den aktuella bilden mot de olika talsekvenserna som kan förekomma hos positionskoden, under användning av rasterpunktssannolikheterna tillhörande den aktuella bilden. Kombinationen av redundant information, sannolikheter och ett känt villkor för rasterpunkternas inbördes värden ger en god okänslighet för störningar i den aktuella bilden. Värdet av varje enskild markering minskar därmed i betydelse, eftersom den enskilda markeringens värde måste stämma överens med de övriga värdena i den av talsekvenserna som ger högst sekvenssannolikhet.

20 Alternativt, om behovet av felkorrigering är mer begränsat, kan anordningen vara anordnad att för var och en av kolumnerna i den första matrisen direkt välja ut en binär sekvens, och därmed ett sekvensvärde, svarande mot den största av noll- och ettsannolikheten på varje plats.

25 I fig 15 visas ett exempel på en binär sekvens 36, ett exempel på en kolumn 37 i en första matris och hur den mot sekvensen svarande första sekvenssannolikheten 38 beräknas.

I fig 16 visas ett exempel på en första cyklisk talserie 39 för avkodning av sekvensen 36.

En anordning enligt föreliggande uppfinning är vridbar i olika lägen i förhållande till en yta. Eftersom det finns fyra stycken möjliga avläsningsriktningar för rastret, vilka avläsningsriktningar visas som pilar 40 i fig 17, kan positionskoden avläsas på fyra olika sätt. Av denna anledning är anordningen anordnad att för vart och ett av rastrets avläsningsriktningar, på ovanstående

- sätt, bestämma den största första sekvenssannolikheten för varje kolumn och beräkna en första vridningssannolikhet för vart och ett av vridningslägena genom att multiplicera de största första sekvenssannolikheterna för
- 5 varje kolumn. Den binära matrisen 42 innehåller exempel på kolumner med sekvenser 43, som kan motsvara sekvensvärdena, Sx_1-Sx_8 för 8×8 rasterpunkter. Den binära matrisen 42 alstras inte i realiteten utan den visas bara i syfte att tydligare åskådliggöra förfarandet.
- 10 Anordningen är vidare anordnad att, på motsvarande sätt för var och en av raderna i den andra matrisen, jämföra var och en av de 63 olika talsekvenserna med motsvarande binära sekvens i den andra matrisen. För varje talsekvens i en andra cyklisk talserie, vilken har samma
- 15 egenskaper som den första cykliska talserien, är anordningen vidare anordnad att beräkna en andra sekvenssannolikhet för motsvarande binära sekvens genom att multiplicera de rasterpunktssannolikheter som motsvaras av sekvensen. Efter denna operation kommer det således att
- 20 finnas 63 stycken andra sekvenssannolikheter med var sitt tillhörande unikt sekvensvärde för varje rad i den andra matrisen, vilka sekvensvärde definieras av de motsvarande sekvensernas positioner i den andra cykliska talserien.
- Även här kan anordningen alternativt vara anordnad
- 25 att för var och en av raderna i den andra matrisen direkt välja ut en binär sekvens, och därmed ett sekvensvärde, svarande mot den största av noll- och ettsannolikheten på varje plats.
- Anordningen är vidare anordnad att för vart och ett
- 30 av rastrets avläsningsriktningar, på ovanstående sätt, bestämma den största andra sekvenssannolikheten för varje rad och beräkna en andra vridningssannolikhet för vart och ett av vridningslägena genom att multiplicera de största andra sekvenssannolikheterna för varje rad. Den
- 35 binära matrisen 45 innehåller exempel på rader med sekvenser 46, som kan motsvara sekvensvärdena, Sy_1-Sy_8 för 8×8 rasterpunkter. Inte heller den binära matrisen 45

alstras i realiteten utan visas bara i syfte att tydligare åskådliggöra förfarandet.

Anordningen är därefter anordnad att för varje vridningsläge beräkna en total vridningssannolikhet genom att
 5 multiplicera den första och den andra vridningssannolikhet som svarar mot vridningsläget. Anordningen är vidare anordnad att för positionsbestämningen välja ut de sekvensvärden Sx_1-Sx_8 , Sy_1-Sy_8 som motsvaras av det vridningsläge som har den största totala vridningssannolikhet.
 10 heten.

Anordningen är vidare anordnad att för de utvalda sekvensvärdena beräkna differensen mellan intilliggande sekvensvärden vilket ger upphov till två uppsättningar, 47 och 48, med sju differensvärden Dx_1-Dx_7 och Dy_1-Dy_7 .
 15 Dessa differensvärden används därefter för att alstra en första koordinat och en andra koordinat.

För beräkningen av den första koordinaten behövs enligt denna utföringsform emellertid endast sex av sekvensvärdena Sx_1-Sx_8 , d v s fem av differensvärdena Dx_1-Dx_7 . Enligt en utföringsform används sekvensvärdena Sx_2-Sx_7 och således differensvärdena Dx_2-Dx_6 . Samma sak gäller för den andra koordinaten som då beräknas utifrån sekvensvärdena Sy_2-Sy_7 och således differensvärdena Dy_2-Dy_6 . Alternativt bestäms endast 6 sekvensvärden för varje
 25 riktning, Sx_2-Sx_7 respektive Sy_2-Sy_7 .

Omvandlingen från differensvärden till koordinater kan göras på många olika sätt t ex på det sätt som finns beskrivet i sökandens ansökan WO 01/26033 vilken härmed införlivas häri genom denna hänvisning.
 30

PATENTKRAV

1. Förfarande för positionsavkodning, innefattande
5 steget att

beräkna en position på basis av information som
bestämts från ett med en sensor avbildat delområde av ett
positionskodningsmönster;

k ä n n e t e c k n a t av stegen att
10 om beräkningen av positionen misslyckas, matcha
informationen från det med sensorn avbildade delområdet
mot information om hur positionskodningsmönstret är ut-
format i ett flertal matchningsdelområden, som vart och
ett definierar en position i positionskodningsmönstret,
15 och

acceptera den position av de av matchningsdelom-
rådena definierade positionerna som enligt matchnings-
steget är den mest sannolika positionen i positionskod-
ningsmönstret för det avbildade delområdet.

20 2. Förfarande enligt krav 1, varvid matchningen
utförs i ett matchningsområde intill en tidigare accep-
terad position.

3. Förfarande enligt krav 1 eller 2, varvid match-
ningen utförs i en dimension i taget i positionskodnings-
25 mönstret.

4. Förfarande enligt krav 1, 2 eller 3, varvid
positionskodningsmönstret kodar varje position med hjälp
av ett flertal element som vart och ett kan anta minst
två olika värden och varvid matchningssteget innefattar
30 substegen att

bestämma vilka värden som vart och ett av match-
ningsdelområdenas element antar; och

för varje matchningsdelområde och på basis av infor-
mationen från den avbildade delmängden av positionskod-
35 ningsmönstret bestämma ett mått på sannolikheten för att

det avbildade delområdets element antar samma värden som matchningsdelområdets element.

5. Förfarande enligt krav 4, varvid informationen från det avbildade delområdet innefattar en uppsättning sannolikhetsvärden, som vart och ett anger en sannolikhet för att ett av det avbildade delområdets element antar ett av de möjliga värdena och varvid måttet på sannolikheten bestäms på basis av sannolikhetsvärdena för de värden som matchningsdelområdets element antar.

6. Förfarande enligt krav 4, varvid måttet på sannolikheten bestäms på basis av antalet element i det avbildade delområdet som antar samma värde som motsvarande element i matchningsdelområdet.

7. Förfarande enligt något av krav 4-6, varvid varje position i positionskodningsmönstret kodas av en matris av symboler, där varje symbol utgör ett element.

8. Förfarande enligt något av krav 4-6, varvid varje position i positionskodningsmönstret kodas av en matris av symboler, vilka är indelade i ett flertal grupper, och varvid varje grupp utgör ett element.

9. Förfarande enligt något av krav 4-6, varvid varje position kodas av en matris av symboler, vilka är indelade i ett flertal grupper, och varvid vart och ett av nämnda element definieras av minst två grupper av symboler.

10. Förfarande enligt något av krav 7-9, varvid varje symbol innefattar en markering som är förskjuten i en av fyra förutbestämda riktningar från en nominell position i positionskodningsmönstret.

11. Förfarande enligt krav 8 eller 9, varvid värdena för symbolerna i en grupp motsvarar en delsekvens i en cyklisk talsekvens, som har egenskapen att varje delsekvens med en förutbestämd längd har en entydigt bestämd plats i talsekvensen.

12. Förfarande enligt krav 9, varvid värdena för symbolerna i en grupp bildar en delsekvens i en cyklisk talsekvens, som har egenskapen att varje delsekvens med

en förutbestämd längd har en entydigt bestämd plats i talsekvensen och varvid elementen som definieras parvis av grupperna utgörs av differenserna mellan gruppernas platser i talsekvensen.

- 5 13. Förfarande enligt något av föregående krav, vidare innefattande steget att verifiera den på basis av det avbildade delområdet accepterade positionen med hjälp av informationen från det avbildade delområdet.

- 10 14. Förfarande enligt något av föregående krav, varvid varje position i positionskodningsmönstret kodas med hjälp av ett flertal positionstal, som parvis definierar ett flertal differenstag som bestämmer positionen; varvid informationen om hur positionskodningsmönstret är uppbyggt utgörs av nämnda differenstag och informationen
15 från det avbildade delområdet innefattar positionstal som bestämts från delområdet; och varvid matchningen innefattar att bestämma hur många av de från det avbildade delområdet bestämda positionstalen som stämmer inbördes överens med avseende på differenstagalen.

- 20 15. Datorprogram, vilket innefattar programkod som när den exekveras i en dator bringar datorn att genomföra ett förfarande enligt något av krav 1-14.

- 25 16. Lagringsmedium som är avläsningsbart med en dator och på vilket är lagrat ett datorprogram som när det exekveras i en dator bringar datorn att genomföra ett förfarande enligt något av krav 1-14.

- 30 17. Anordning för positionsavkodning, vilken anordning innefattar en signalbehandlingsenhet, vilken är anordnad beräkna en position på basis av information som bestämts från ett med en sensor avbildat delområde av ett positionskodningsmönster;

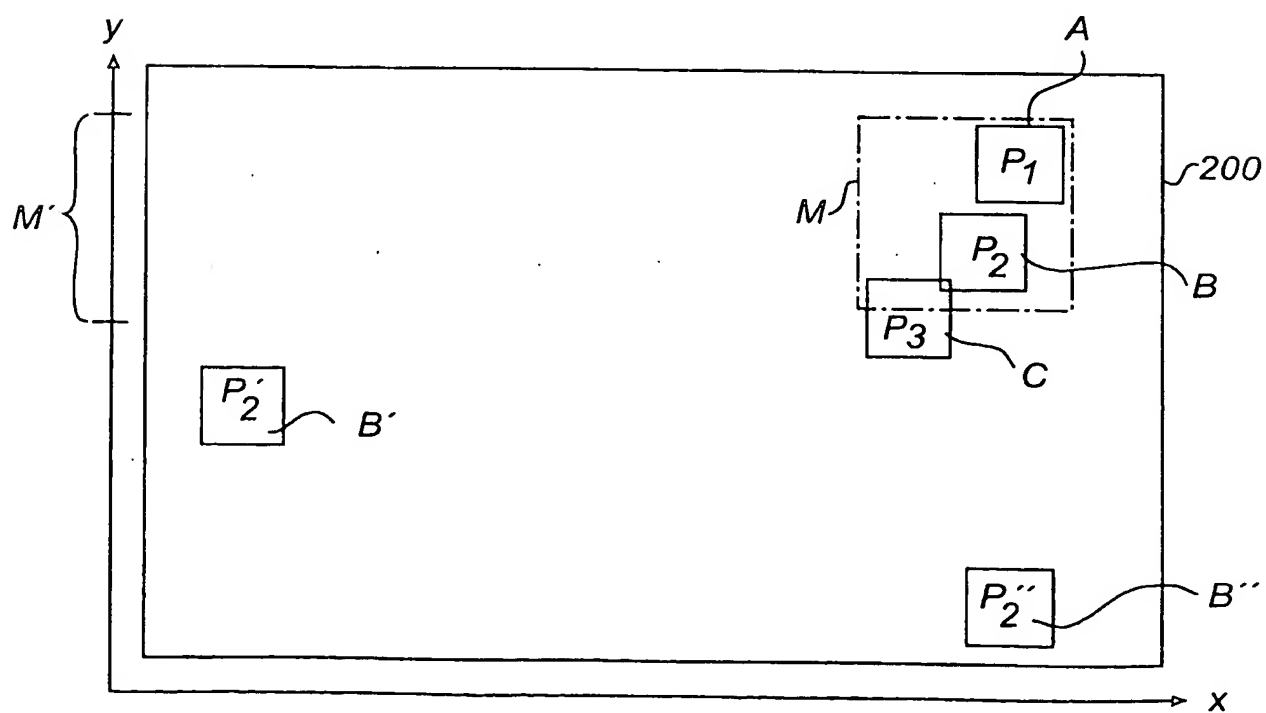
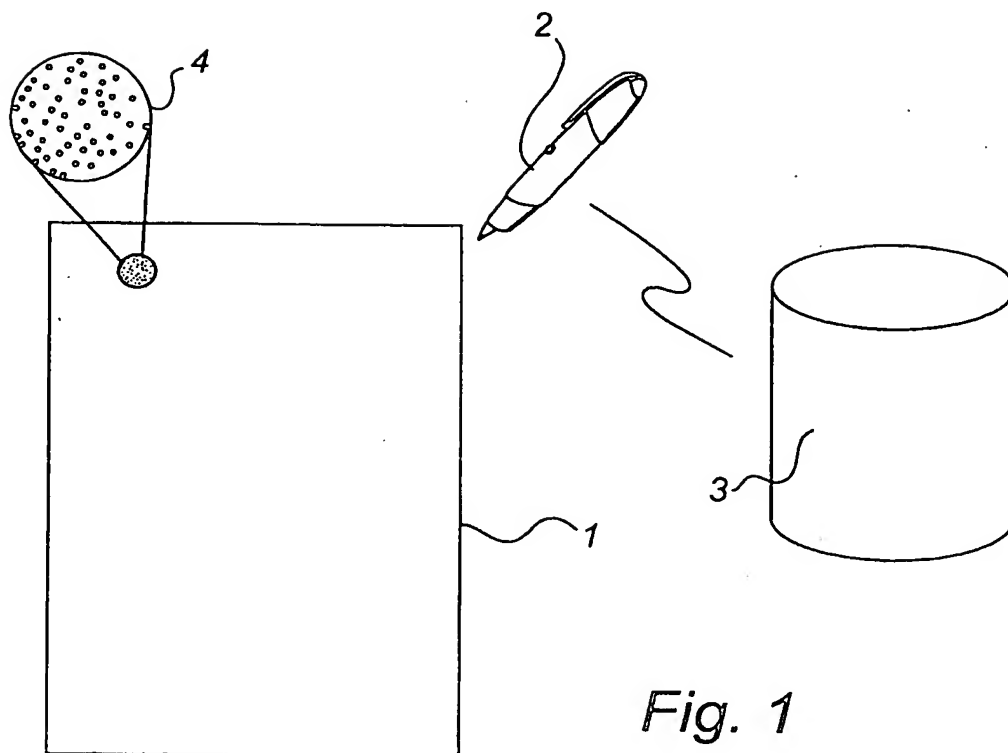
- 35 k ä n n e t e c k n a d av att signalbehandlingsenheten vidare är anordnad att om beräkningen av positionen misslyckas, matcha informationen från det med sensorn avbildade delområdet mot information om hur positionskodningsmönstret är utformat i ett flertal match-

ningsdelområden, som vart och ett definierar en position i positionskodningsmönstret, och att acceptera den position av de av matchningsdelområdena definierade positionerna som enligt matchningssteget är den mest sannolika positionen i positionskodningsmönstret för det avbildade delområdet.

En anordning och ett datorprogram för genomförande av förfarandet beskrivs också.

25

2021-12-23 14:05:33 6:\Data\GEO\812801\20211123_05_12_20211123_140533.jpg



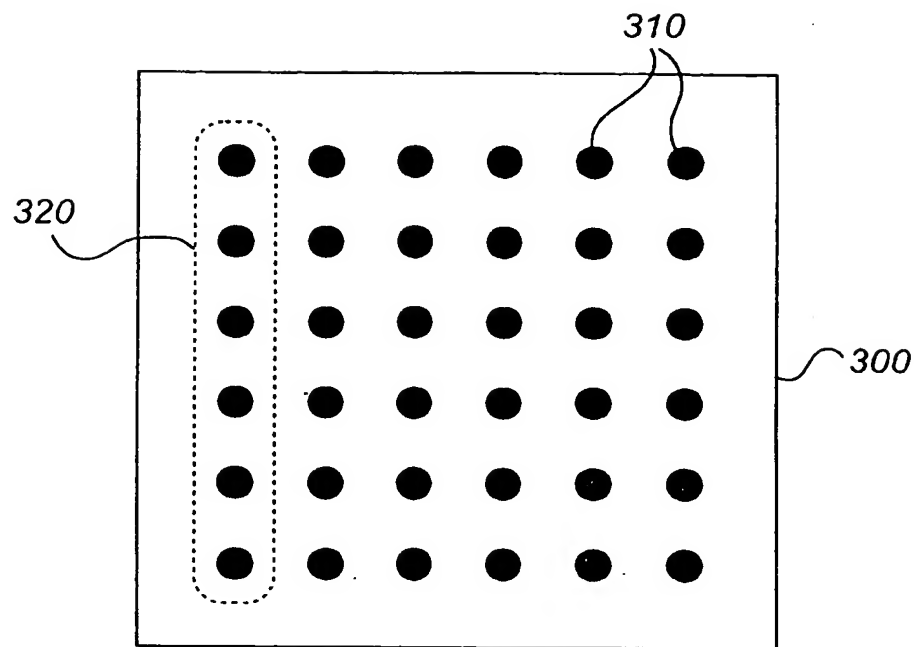
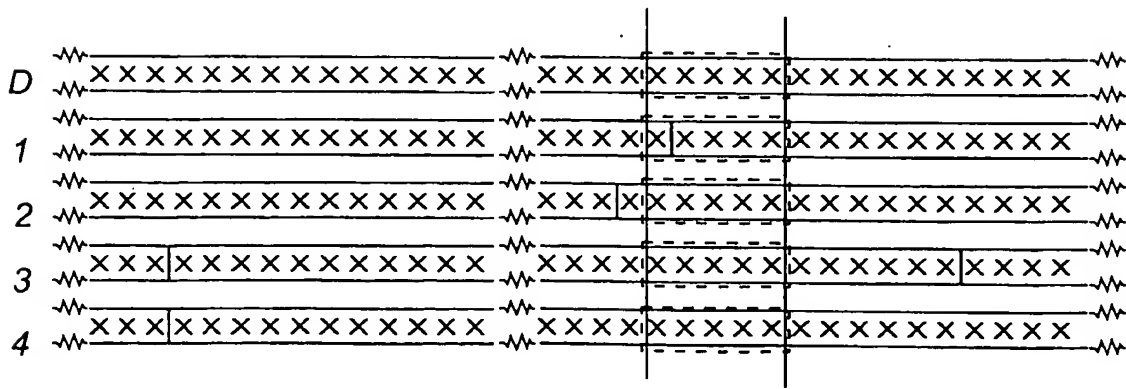
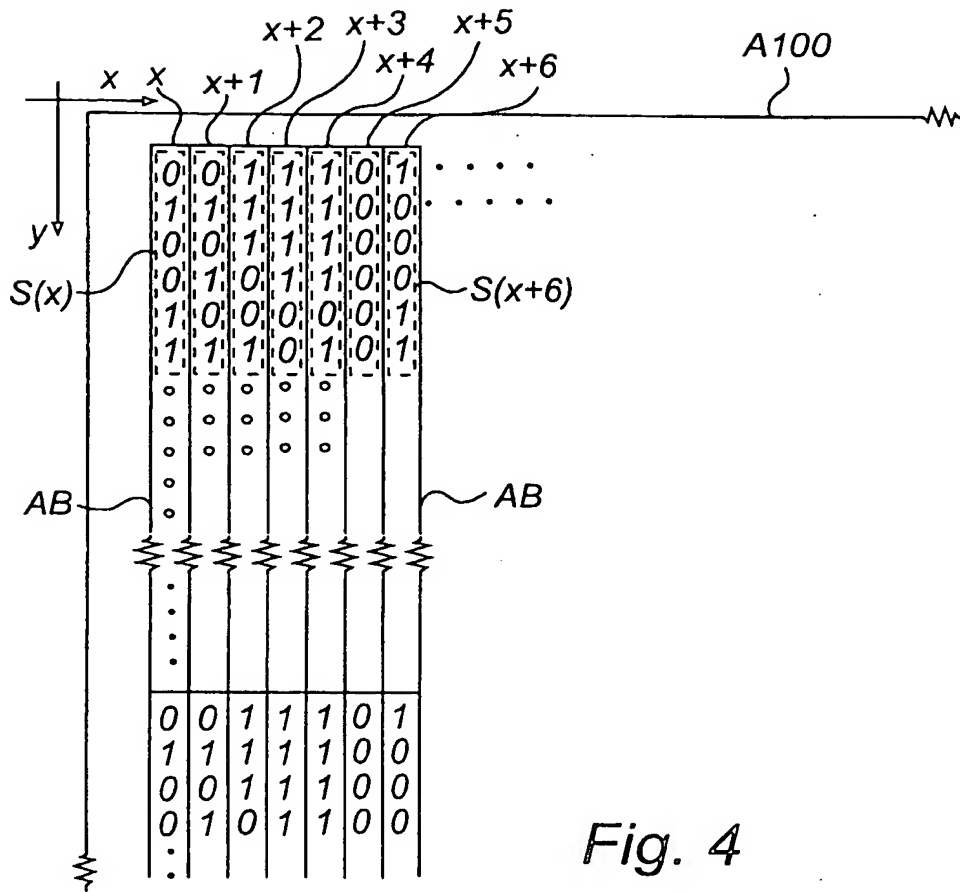


Fig. 3



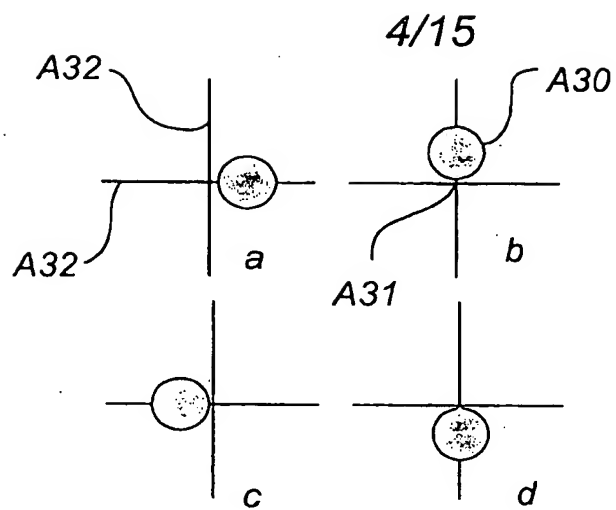


Fig. 6

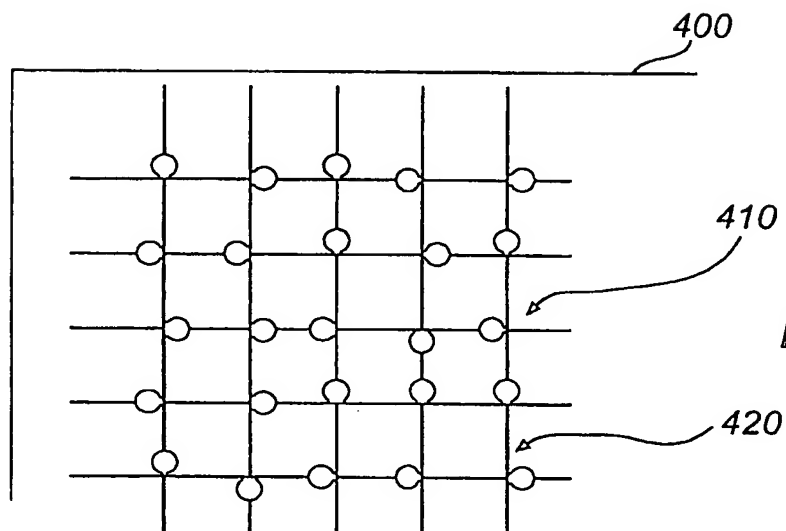


Fig. 7

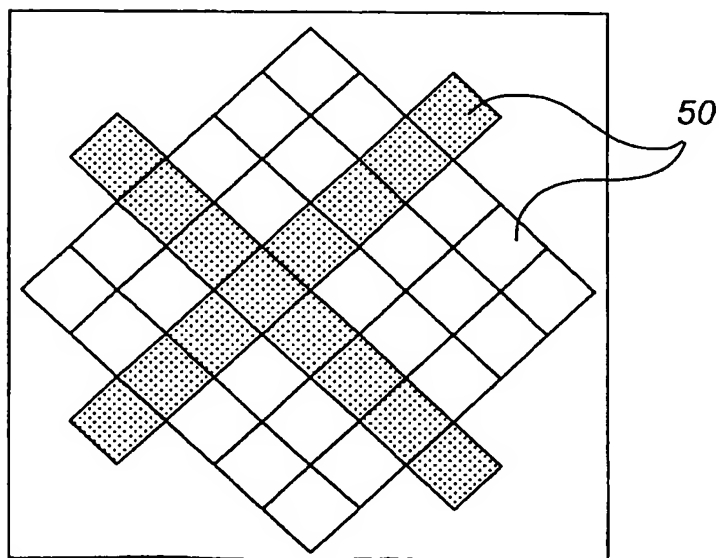


Fig. 8

5/15

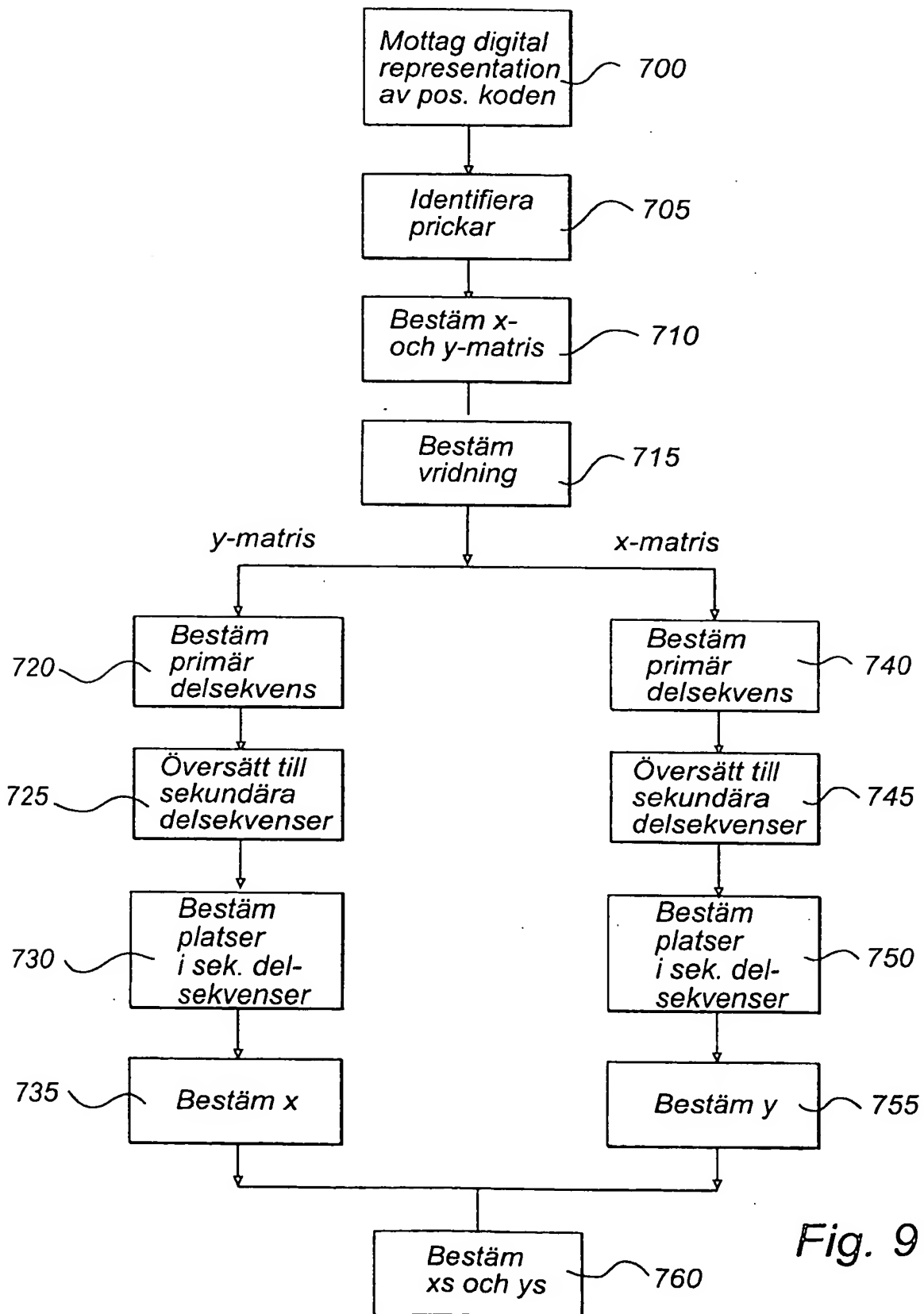


Fig. 9

6/15

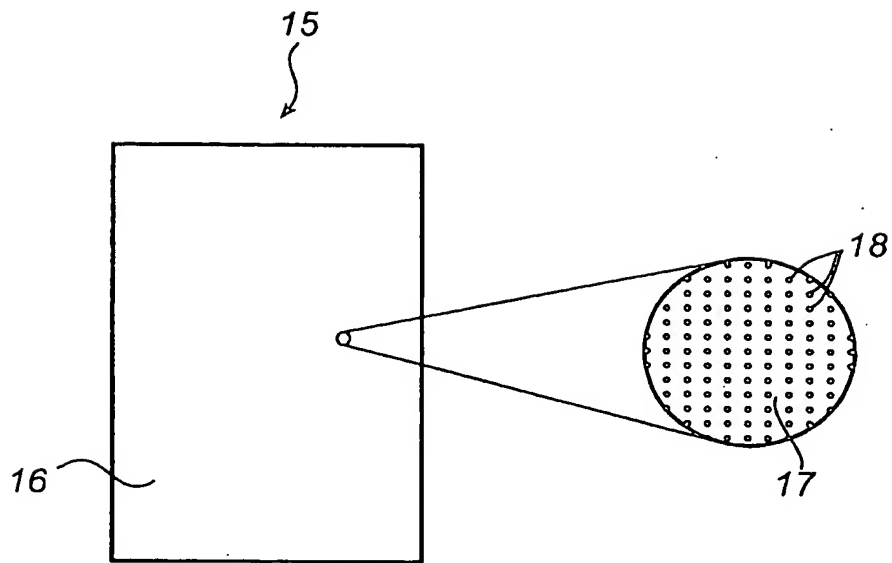


Fig. 10a

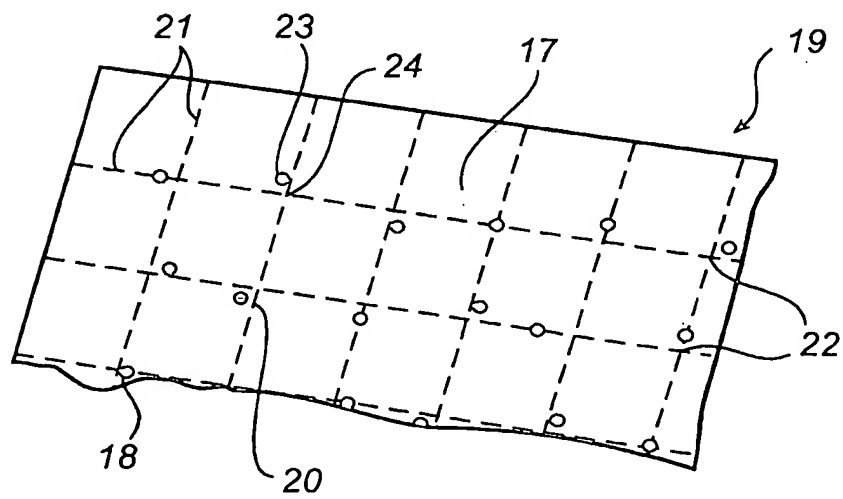


Fig. 10b

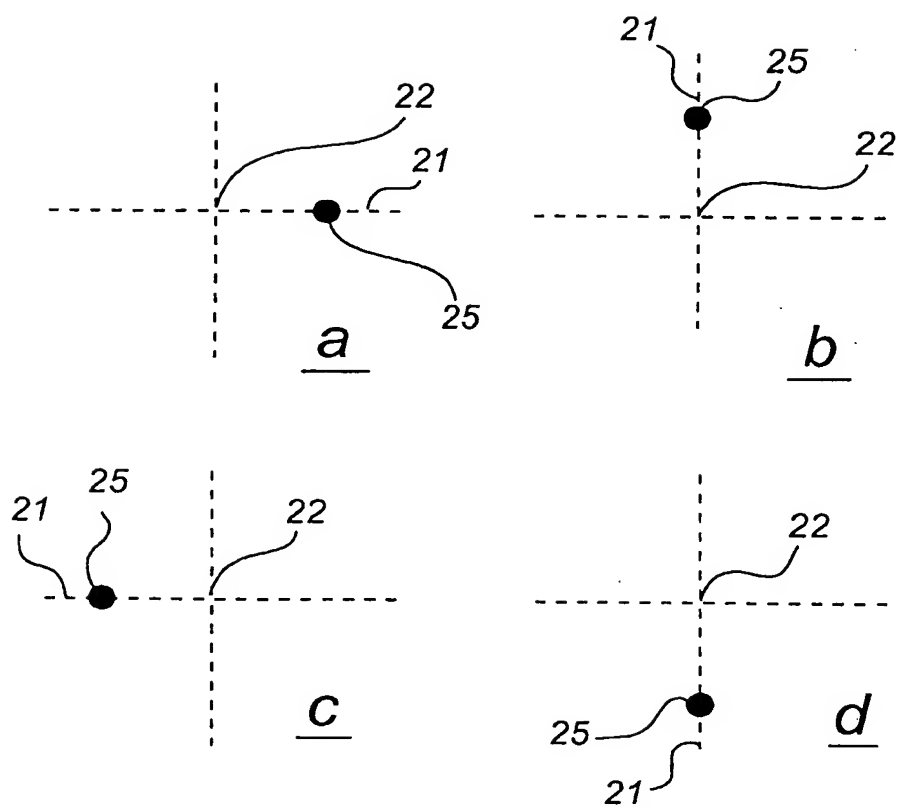


Fig. 11

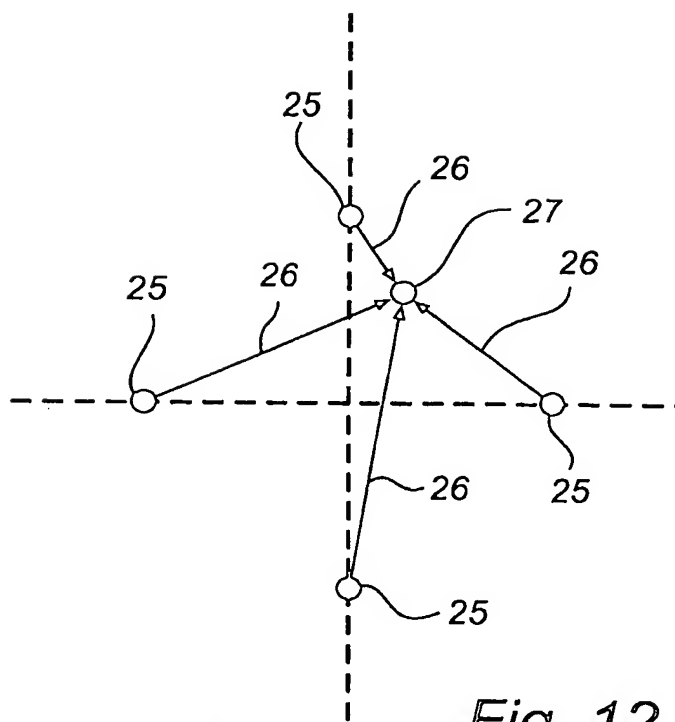


Fig. 12

9/15

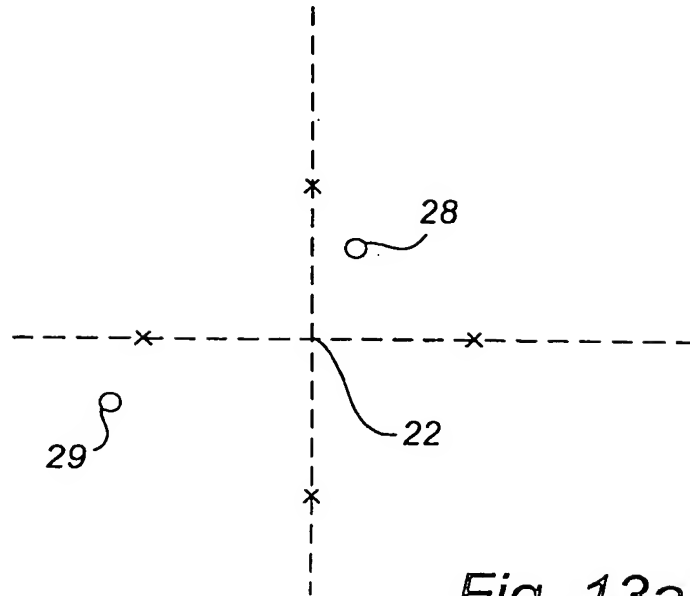


Fig. 13a

30	<table><tr><th>Värde</th><th>P_1</th></tr><tr><td>"0"</td><td>0,26</td></tr><tr><td>"1"</td><td>0,45</td></tr><tr><td>"2"</td><td>0,16</td></tr><tr><td>"3"</td><td>0,13</td></tr></table>	Värde	P_1	"0"	0,26	"1"	0,45	"2"	0,16	"3"	0,13
Värde	P_1										
"0"	0,26										
"1"	0,45										
"2"	0,16										
"3"	0,13										
31	<table><tr><th>Värde</th><th>P_1</th></tr><tr><td>"0"</td><td>0,11</td></tr><tr><td>"1"</td><td>0,13</td></tr><tr><td>"2"</td><td>0,57</td></tr><tr><td>"3"</td><td>0,19</td></tr></table>	Värde	P_1	"0"	0,11	"1"	0,13	"2"	0,57	"3"	0,19
Värde	P_1										
"0"	0,11										
"1"	0,13										
"2"	0,57										
"3"	0,19										

Fig. 13b

32	<table><tr><th>Värde</th><th>P_2</th></tr><tr><td>"0"</td><td>0,26</td></tr><tr><td>"1"</td><td>0,45</td></tr><tr><td>"2"</td><td>0,57</td></tr><tr><td>"3"</td><td>0,19</td></tr></table>	Värde	P_2	"0"	0,26	"1"	0,45	"2"	0,57	"3"	0,19
Värde	P_2										
"0"	0,26										
"1"	0,45										
"2"	0,57										
"3"	0,19										

Fig. 13c

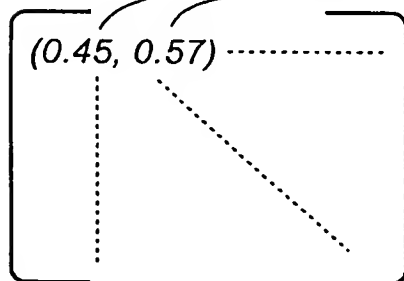
33

Värde	P_2	Bitkomb
"0"	0,26	0,0
"1"	0,45	0,1
"2"	0,57	1,0
"3"	0,19	1,1

Fig. 14a

$$\max(0.26, 0.45) = 0.45$$

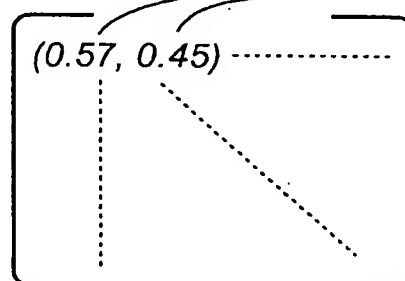
$$\max(0.57, 0.19) = 0.57$$



34

$$\max(0.26, 0.57) = 0.57$$

$$\max(0.45, 0.19) = 0.45$$



35

Fig. 14b

0	0.11, 0.37	0.11
1	0.08, 0.53	0.53
0	0.84, 0.57	0.84
0	0.21, 0.25	0.21
1	0.62, 0.91	0.91
1	0.38, 0.06	0.06
0	0.64, 0.42	0.64
1	0.04, 0.17	0.17

$$= 6,11 \cdot 10^{-5}$$

38 Fig. 15

[00000001000000100000100001.....1111]

39

Fig. 16

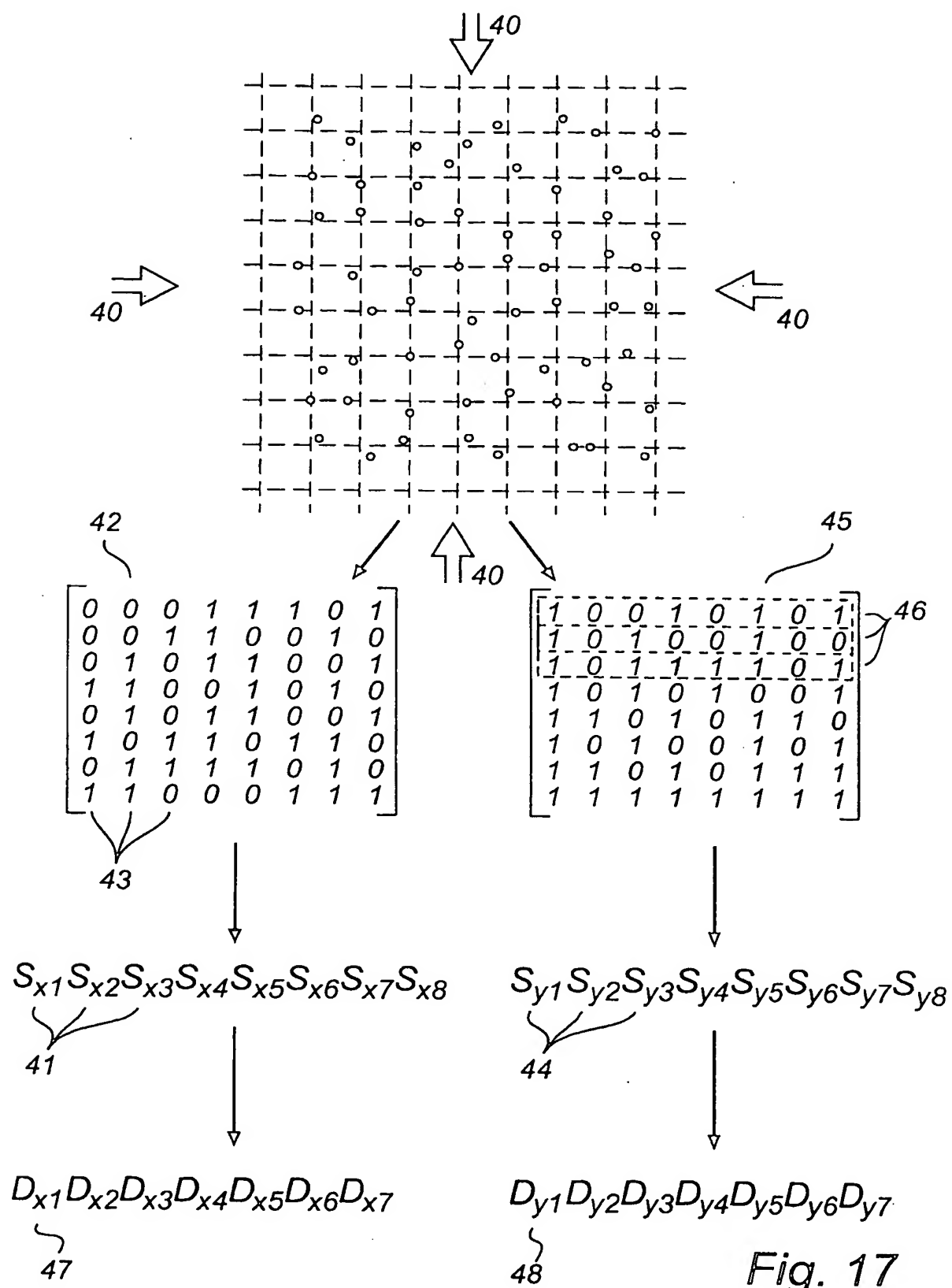


Fig. 17

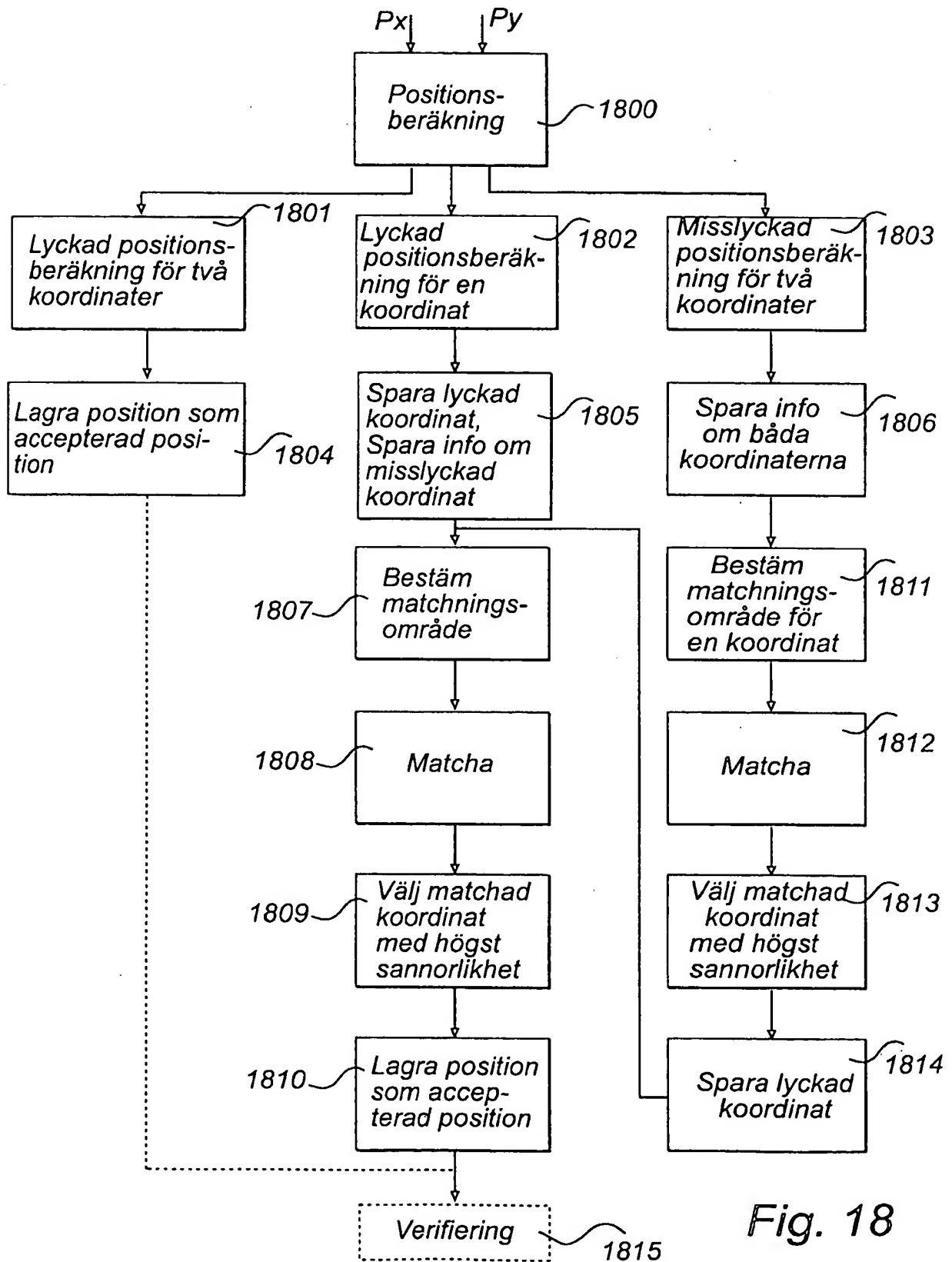


Fig. 18

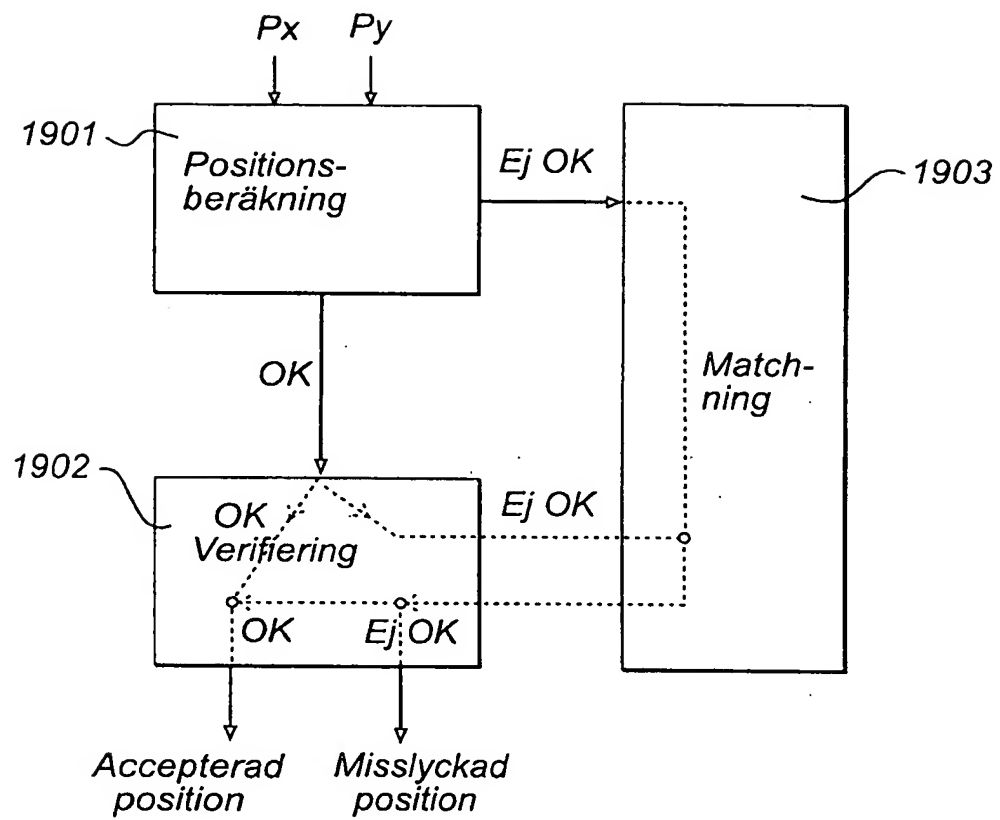


Fig. 19

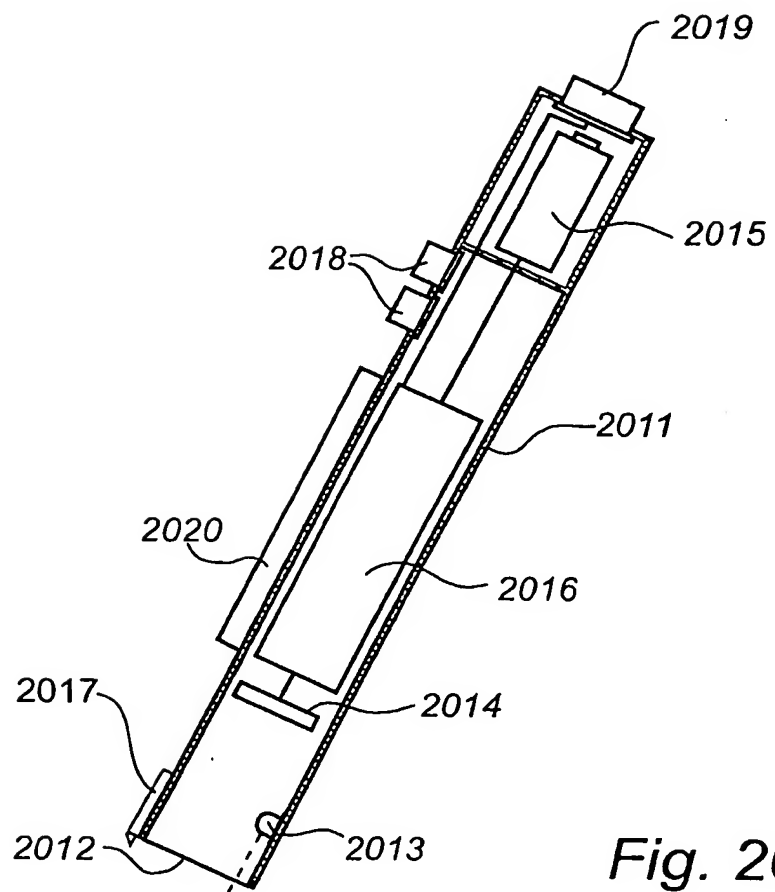


Fig. 20